



M 2015

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SMED NUMA LINHA CNC DE PRODUÇÃO DE MOBILIÁRIO

INÊS AZEVEDO DA COSTA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA
À FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO EM
ENGENHARIA MECÂNICA

Aplicação da Metodologia SMED numa Linha CNC de Produção de Mobiliário

Inês Azevedo da Costa

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Eduardo José Rego Gil da Costa

Orientador da Empresa: Exmo. Senhor Eng. António Miranda



Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

2015-01-02

“If you want to build a ship, don't herd people together to collect wood and don't assign them tasks and work, but rather teach them to long for the endless immensity of the sea.”

- Antoine de Saint-Exupery

Resumo

Flexibilidade, competitividade e rápida capacidade de resposta, são temas de grande foco no mercado global atual e presentes no dia-a-dia de cada empresa, evidenciando novas exigências com as constantes mudanças e o aumento das expectativas dos clientes em termos da funcionalidade e qualidade dos produtos. A redução do tempo e otimização do processo de mudança de referência foi uma das apostas escolhidas pelo *IKEA Industry Portugal* para aumentar a sua produtividade. O corrente trabalho insere-se nesse objetivo.

O projeto desenvolvido consistiu na aplicação e desenvolvimento da metodologia *Single Minute Exchange of Die* (SMED) numa linha de Controlo Numérico Computadorizado (CNC), com o intuito de otimizar o processo de mudança de referência, recorrendo à utilização dos recursos disponíveis, diminuindo os desperdícios e custos operacionais e aumentando a produtividade.

Para iniciar o desenvolvimento da aplicação da metodologia SMED foi feita uma revisão bibliográfica relativa aos conceitos, princípios, estágios e técnicas que integram a sua metodologia, assim como para a filosofia *Lean* em geral. De seguida, foram analisados, mais em pormenor, os dados e procedimentos realizados nos quatro tipos de processos de mudança de referência existentes na linha CNC, assim como outros documentos relevantes para o projeto.

A realização de testes de viabilidade das principais soluções propostas, para posterior implementação, tiveram como base o estudo individual do modo de execução de cada atividade crítica e a comparação entre os respetivos tempos. As melhorias apresentadas para otimizar as atividades internas focaram-se na limpeza das mesas de trabalho, no modo de fixação dos moldes e das guias e na colocação e ajuste da posição das borrachas nas mesas. Em relação ao desenvolvimento e implementação das melhorias nas atividades externas, estas resultaram dos pontos críticos analisados, como a falta de organização dos moldes no móvel, dos materiais auxiliares ao processo, das guias e borrachas.

A partir dos dados obtidos dos testes realizados foi possível determinar uma redução de 61%, no tempo total do processo de mudança de referência entre vitrines e uma redução menor, de 19% , no tempo total do processo de mudança de referência entre produção normal. Além da redução de tempo verificada, foi possível obter uma maior rapidez e simplificação na execução das atividades que foram alvo de melhorias.

Para concluir a definição das propostas desenvolvidas e testadas recorreu-se à normalização e realocação das atividades para cada tipo de processo, de modo a despertar a consciência para a adaptação à mudança, implementando uma cultura de aprendizagem, responsabilidade e melhoria contínua.

Application of SMED Methodology in a CNC Line of Furniture Production

Abstract

Flexibility, competitiveness and the ability to respond rapidly are rather prominent themes in the current global market and daily challenges in each company's management. Such themes are extremely demanding, and the changes, to satisfy increasing customer expectations in terms of functionality and quality of the products, are constant fluctuating in modern industrial world.

Processes time reduction and setup activities optimization, have been challenges chosen by IKEA Industry Portugal to increase its productivity and are part of the goal of the current work.

The project developed, consisted in the application of SMED methodology in a CNC line production. Its main goals were, in using available resources, to reduce operational costs and to increase productivity through optimizing setup process and achieving waste reduction.

Bibliographical revision regarding concepts, principles and stages in SMEDS's methodology, as well as Lean philosophy's in general was carried out previous to the development of SMED's tool application. The same was done with other relevant documents for the project. The data and procedures performed in the four types of existing setup processes on CNC line were analyzed in greater detail.

In regards to the implementation, feasibility tests for major proposed solutions were studied individually according to their execution of each critical activity. They are established as common to the four setup processes, and the comparison between the respective times was performed.

The improvements presented to optimize internal activities, were focused on desk cleaning and the utilization of molds and tabs' attachment method. In terms of developing and implementing improvements regarding external activities (the main critical points analyzed) the cabinet molds' organization and the method of placing and adjusting the position of the erasers on desks were improved.

From data obtained of the tests performed and the solutions implemented it was possible to gather a significant 60% reduction in the setup time between glass doors' production and a smaller reduction of 20% in setup time between doors' production. In addition to the reduction of time checked, it was possible to obtain greater speed and simplification in the activities execution which were the subjected to the improvements.

To complete the definition of proposals developed and test them, normalization and final activities relocation for each type of setup process was carried out, in order to thrive consciousness in terms of adapting to change, implementing a culture of learning, accountability and continuous improvement.

Agradecimentos

Ao Engº António Miranda, orientador na IKEA *Industry* Portugal, pela oportunidade e privilégio que me concedeu ao integrar este projeto assim como por todos os conhecimentos transmitidos e pelo apoio e dedicação demonstrados ao longo do mesmo.

Ao Prof.º Eduardo Gil da Costa, orientador na FEUP, por todo o acompanhamento, disponibilidade e conselhos importantes.

A toda a equipa dos departamentos *Lean* e Processos pela amabilidade com que me receberam e pela disponibilização de todos os meios necessários à realização deste projeto. Um especial agradecimento ao colaborador da linha CNC, Rui Magalhães, pela ajuda e disponibilidade incondicionais. A sua experiência foi crucial para o desenvolvimento deste trabalho.

À minha família e amigos pelo apoio e ajuda dados nesta fase.

Índice de Conteúdos

1	Introdução.....	1
1.1	Apresentação da IKEA <i>Industry</i> Portugal.....	1
1.2	Enquadramento e Objetivos do Projeto	2
1.3	Metodologia do Projeto	3
1.4	Estrutura da Dissertação	3
2	Enquadramento Teórico	4
2.1	Ciclo PDCA.....	4
2.2	<i>Lean Production</i>	5
2.2.1	<i>Muda</i>	5
2.2.2	Ferramentas <i>Lean</i> Auxiliares.....	6
2.3	Ferramentas SMED – <i>Single Minute Exchange of Die</i>	7
2.3.1	História do SMED	7
2.3.2	Mudança de Referência	8
2.3.3	Estágios Conceituais e Técnicas	10
2.3.4	Impacto do SMED – Capacidade, Flexibilidade e Fluxo.....	11
2.3.5	Análise Crítica da Metodologia.....	13
3	Apresentação da Situação Inicial	16
3.1	Fluxo de Materiais na PFF.....	16
3.2	Descrição do Processo de Maquinagem na Linha CNC	17
3.3	Descrição do Processo de Mudança de Referência	20
3.4	Diagnóstico do Processo de Mudança de Referência	24
4	Aplicação da Metodologia SMED.....	27
4.1	Etapas da Metodologia Aplicada e Considerações.....	27
4.2	Definição das Atividades Internas e Externas.....	28
4.3	Realocação das Atividades.....	31
4.4	Melhoria das Operações.....	33
4.4.1	Atividades Internas	34
4.4.2	Atividades Externas.....	37
5	Testes, Implementações e Resultados	40
5.1	Testes e Soluções Implementadas.....	40
5.2	Análise dos Resultados e Realocação Final.....	42
5.3	Normalização das Operações.....	48
6	Conclusões e Trabalhos Futuros	49
	Referências	51
Anexo A:	Família de Artigos Produzidos na Máquina CNC	53
Anexo B:	Mapa do Processo de Maquinagem da Máquina CNC	54
Anexo C:	Dados Característicos da Máquina CNC.....	55
Anexo D:	Atividades dos Processos de Mudança de Referência	56
Anexo E:	Fluxogramas dos Processos de Mudança de Referência	63
Anexo F:	Realocação das Atividades dos Processos de Mudança de Referência	68
Anexo G:	Exposição da Situação Atual	73
Anexo H:	Exposição dos Testes e Soluções Implementadas	75
Anexo I:	Realocação Final das Atividades dos Processos de Mudança de Referência	77
Anexo J:	Normalização das Operações dos Processos de Mudança de Referência	82

Siglas

CNC – *Computer Numeric Control*

EOQ – *Economic Quantity Order*

IED – *Internal Setup*

JIT – *Just-In-Time*

KF – *Kitchen Fronts*

MDF – *Medium Density Fiberboard*

OED – *External Setup*

PDCA – *Plan-Do-Check-Act*

PFF – *Pigment Furniture Factory*

SMED – *Single Minute Exchange of Die*

SOS – *Standard Operation Sheet*

TPS – *Toyota Production System*

Índice de Figuras

Figura 1 – Constituição do Grupo IKEA	1
Figura 2 – Estrutura organizacional da PFF	2
Figura 3 – Ciclo PDCA (Wiesner 2009)	4
Figura 4 – Estrutura do TPS. Adaptado de (Liker 2004)	5
Figura 5 – Representação do conceito de mudança de referência.....	9
Figura 6 – Etapas comuns aos processos de mudança de referência	9
Figura 7 – Estágios e técnicas da metodologia SMED. Adaptado de (Shingo 1985)	11
Figura 8 – Quantidade Económica de Encomenda. Adaptado de (Jacobs and Chase 2014) ...	12
Figura 9 – Efeito do SMED. Adaptado de (Jacobs and Chase 2014)	13
Figura 10 – Períodos de desaceleração e aceleração. Adaptado de (McIntosh, Culley et al. 2001)	14
Figura 11 – Diagrama SIPOC	17
Figura 12 – <i>Layout</i> da máquina CNC.....	18
Figura 13 – Etapas do abastecimento da entrada da máquina CNC.....	18
Figura 14 – Etapas da preparação das peças na máquina CNC	19
Figura 15 – Etapas do abastecimento das mesas CNC.....	19
Figura 16 – Etapas de fresagem e finalização do processo	19
Figura 17 – Tempos de <i>setup</i> nas linhas de maquinagem que produzem KF	20
Figura 18 – Número de mudanças de referências por turno e mês no ano 2014	21
Figura 19 – Tempo de mudança de referência entre produção normal	22
Figura 20 – Tempo de mudança de referência entre produção normal e vitrines	22
Figura 21 – Tempo de mudança de referência entre vitrines e produção normal	23
Figura 22 – Tempo de mudança de referência entre vitrines	24
Figura 23 – Mesa de trabalho da máquina CNC	25
Figura 24 – Obstrução das válvulas de sucção da mesa de trabalho.....	25
Figura 25 – Etapas da metodologia da ferramenta aplicada.....	27
Figura 26 – Atividades e tempos da mudança entre produção normal	28
Figura 27 – Atividades e tempos da mudança de referência entre produção normal e vitrines	29
Figura 28 – Atividades e tempos da mudança de referência entre vitrines e produção normal	30
Figura 29 – Atividades e tempos da mudança de referência entre vitrines	30
Figura 30 – Representação em corte da válvula de sucção	34
Figura 31 – Representação em 2D da guia projetada.....	35
Figura 32 – Representação em 2D da peça de fixação projetada.....	35

Figura 33 – Representação em 2D do modo de fixação da peça.....	36
Figura 34 – Representação em 2D do molde colocado na zona posterior da mesa	36
Figura 35 – Representação em 2D do molde colocado na zona anterior da mesa	36
Figura 36 – Esquema representativo da fixação dos moldes	37
Figura 37 – Esquema de organização dos moldes e materiais no móvel	39
Figura 38 – Estado de limpeza da divisória do teste	40
Figura 39 – a) Guia utilizada na máquina CNC. b) Protótipo da guia proposta	41
Figura 40 – Protótipo da peça de fixação proposta	41
Figura 41 – Móvel de armazenamento dos moldes e materiais	42
Figura 42 – Tempo da atividade de colocação e ajuste das borrachas	43
Figura 43 – Tempo do processo de mudança entre produção normal.....	44
Figura 44 – Tempo das atividades de colocação e ajuste das borrachas e fixação dos moldes	45
Figura 45 – Tempo do processo de mudança de referência entre produção normal e vitrines	45
Figura 46 – Tempo das atividades de recolha dos moldes, limpeza e ajuste das borrachas	46
Figura 47 – Tempo do processo de mudança de referência entre vitrines e produção normal	46
Figura 48 – Tempo das atividades de recolha dos moldes, limpeza e fixação dos moldes.....	47
Figura 49 – Tempo do processo de mudança de referência entre vitrines	48
Figura 50 – Paragens na máquina CNC por turno no 1º Trimestre do ano fiscal 2015	55
Figura 51 – Eficiência da máquina CNC por turno no 1º Trimestre do ano fiscal 2015	55
Figura 52 – Disposição dos moldes e das guias numa das mesas de trabalho	73
Figura 53 – Molde atual	73
Figura 54 – a) Borrachas de diferentes dimensões. b) Vedação do molde	73
Figura 55 – Móvel de armazenamento dos moldes.....	74
Figura 56 – a) Local de colocação das borrachas. b) Caixas de colocação dos materiais	74
Figura 57 – a) Molde após fresagem. b) Molde após aspiração.....	75
Figura 58 – Modo de fixação dos moldes na zona anterior da mesa	75
Figura 59 – a) Placa marítimo após furação. b) Deformações da placa após fresagem.....	75
Figura 60 – Dimensão fixa para cada borracha.....	76
Figura 61 – a) Caixas com borrachas organizadas. b) Caixa com materiais organizada	76
Figura 62 – Bancada com guias organizadas	76
Figura 63 – SOS do processo de mudança de referência entre produção normal para o operador 1	83
Figura 64 – SOS do processo de mudança de referência entre produção normal para o operador 2	84

Figura 65 – SOS do processo de mudança de referência entre produção normal e vitrines para o operador 1	85
Figura 66 – SOS do processo de mudança de referência entre produção normal e vitrines para o operador 2	86
Figura 67 – Continuação da SOS do processo de mudança de referência entre produção normal e vitrines para o operador 2	87
Figura 68 – SOS do processo de mudança de referência entre vitrines e produção normal para o operador 1	88
Figura 69 – SOS do processo de mudança de referência entre vitrines e produção normal para o operador 2	89
Figura 70 – Continuação da SOS do processo de mudança de referência entre vitrines e produção normal para o operador 2	90
Figura 71 – SOS do processo de mudança de referência entre vitrines para o operador 1	91
Figura 72 – SOS do processo de mudança de referência entre vitrines para o operador 2	92

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Quantidade produzida de cada família de produtos no ano fiscal 2014	16
Tabela 2 – Redução do tempo de mudança de referência entre produção normal após realocação.....	31
Tabela 3 – Redução do tempo de mudança de referência entre produção normal e vitrines após realocação.....	32
Tabela 4 – Redução do tempo de mudança de referência entre vitrines e produção normal após realocação.....	32
Tabela 5 – Redução do tempo de mudança de referência entre vitrines após realocação.....	33
Tabela 6 – Atividades executadas pelo operador 1 na mudança de referência entre produção normal	56
Tabela 7 – Atividades executadas pelo operador 2 na mudança de referência entre produção normal	56
Tabela 8 – Atividades executadas pelo operador 1 na mudança de referência entre produção normal e vitrines.....	56
Tabela 9 – Atividades executadas pelo operador 2 na mudança de referência entre produção normal e vitrines.....	58
Tabela 10 – Atividades executadas pelo operador 1 na mudança de referência entre vitrines e produção normal	59
Tabela 11 – Atividades executadas pelo operador 2 na mudança de referência entre vitrines e produção normal	60
Tabela 12 – Atividades executadas pelo operador 1 na mudança de referência entre vitrines	60
Tabela 13 – Atividades executadas pelo operador 2 na mudança de referência entre vitrines	61

1 Introdução

A presente dissertação decorreu no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e foi realizada na *IKEA Industry Portugal*.

No presente capítulo é elaborada uma breve apresentação da empresa, o enquadramento e objetivos do projeto, a metodologia abordada para a sua concretização e, por fim, a organização da dissertação.

1.1 Apresentação da *IKEA Industry Portugal*

A empresa de acolhimento na qual foi realizada esta dissertação de mestrado designa-se por *IKEA Industry Portugal Lda*, pertencente ao Grupo *IKEA Industry*. O *IKEA Industry* é o maior grupo mundial produtor de mobiliário de madeira e fornece exclusivamente ao Grupo *IKEA*.

A *IKEA* foi fundada em *Almhult*, Suécia, no ano 1943, por Ingvar Kamprad que nasceu na quinta *Elmtaryd* em *Agunnaryd*. O nome da empresa é constituído pelas iniciais dos nomes do fundador, da quinta e do local em que nasceu. A empresa *IKEA* surgiu em 1982, sendo constituída por um grupo privado de empresas, propriedade de uma fundação com sede nos Países Baixos. Resultado de uma forte cultura de aquisições, o Grupo *IKEA* opera atualmente em 43 países, dispondo de 32 centros de distribuição e 50 unidades de produção em 12 países correspondentes ao Grupo *IKEA Industry*: Suécia, Alemanha, Rússia, China, EUA, Polónia, Portugal, Letónia, Hungria, Lituânia, Eslováquia e Ucrânia (*IKEA* 2014).

Na década de 80, dada a instabilidade política e económica na zona de localização dos seus principais fornecedores, a *IKEA* necessitou de adquirir uma empresa fornecedora dos seus produtos, formando-se assim, em 1991, o Grupo *Swedwood* em *Ängelholm*.

No ano de 2013 ocorreu a fusão do grupo *Swedwood*, da *Swedspan* e da *IKEA Industry Investment & Development* num único grupo designado por *IKEA Industry Group*. Esta união teve como missão garantir uma maior qualidade nos produtos e otimizar toda a cadeia de valor, construindo relações a longo prazo com os seus fornecedores e investindo numa produção eficiente e a preços acessíveis. O *IKEA Industry Group* emprega atualmente cerca de 19000 colaboradores (*Swedwood* 2014). A estrutura do grupo apresenta-se na Figura 1.

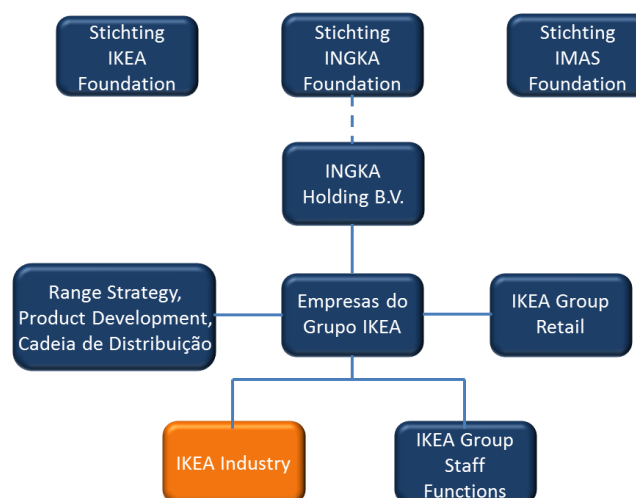


Figura 1 – Constituição do Grupo *IKEA*

A *IKEA Industry Portugal* (Paços de Ferreira) ocupa uma área de 210.000 m² e integra perto de 1500 colaboradores. A sua inauguração teve lugar em 2008 e é composta por duas fábricas:

Board on Frame (BoF) e *Pigment Furniture Factory* (PFF). A estrutura organizacional da PFF, fundamental para enquadrar quem esteve envolvido no projeto, apresenta-se na Figura 2.

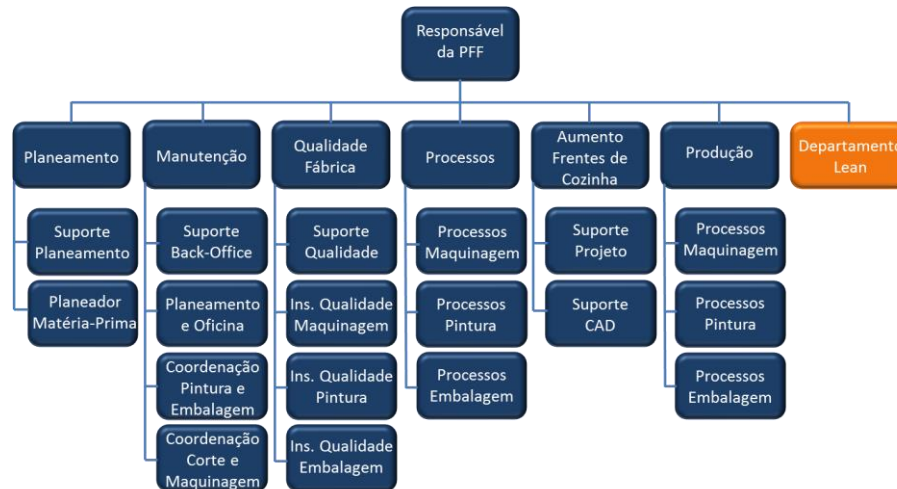


Figura 2 – Estrutura organizacional da PFF

A missão da *IKEA Industry Portugal* centra-se na máxima satisfação do cliente, auxiliando o crescimento e consolidação de um modelo baseado na excelência dos seus produtos, tanto ao nível dos processos como do ambiente.

1.2 Enquadramento e Objetivos do Projeto

A atual disponibilidade do equipamento para a produção apresenta uma fração elevada atribuída à mudança de formatos, ferramentas e micro-paragens, o que se revela problemático para atingir determinadas quantidades de produção.

Uma análise integrada na produção, através da recolha e análise de dados do equipamento no âmbito dos tempos de mudança de referência, permitiria prever quais as estratégias e soluções adequadas para cumprir os objetivos. Sendo o tempo de mudança de referência a variável mais relevante, a identificação e a análise prévia das operações correspondentes aos maiores tempos levaria a uma maior disponibilidade da máquina como pretendido. A aplicação da ferramenta *Single Minute Exchange of Die* (SMED) surgiu para responder a esta necessidade da empresa.

O presente projeto foi realizado numa das quatro máquinas CNC existentes na unidade de produção PFF, pretendendo-se expandir as implementações realizadas a uma possível nova máquina CNC.

O principal objetivo proposto foi a aplicação da ferramenta SMED, de forma a reduzir o intervalo de tempo de mudança de referência numa máquina CNC e, consequentemente, possibilitar um aumento da disponibilidade do equipamento.

Através da metodologia a aplicar deverá ser mais claro compreender e identificar quais os tipos de atividades presentes num intervalo de tempo específico, diferenciá-los e procurar reduzir os tempos de cada atividade, através da recolha e análise de dados, de entrevistas aos operadores da linha e do desenvolvimento de soluções que permitam alcançar os objetivos estabelecidos para o projeto.

Após a implementação das soluções indicadas pretende-se uma redução visível no tempo de mudança de referência, por meio de uma análise e comparação dos resultados entre o antes e após a implementação.

1.3 Metodologia do Projeto

A metodologia que conduziu à elaboração deste projeto contemplou o conjunto de etapas seguidamente apresentadas pela sua ordem cronológica:

- Estudo do fluxo de materiais e da informação na área de maquinagem da PFF;
- Observação e estudo dos processos de maquinagem e mudança de referência na máquina CNC;
- Análise e avaliação do conjunto de atividades que integram o processo de mudança de referência, desenvolvendo propostas de soluções viáveis;
- Testes, implementação de soluções e análise dos resultados;
- Realocação e normalização das operações.

A fase de estudo do fluxo de materiais e de informação na PFF caracterizou-se pela compreensão dos processos e das operações envolvidas em cada uma das linhas de produção que constituem a área da maquinagem.

A fase de observação e estudo dos processos de maquinagem e mudança de referência na máquina CNC teve como objetivo a iniciação do enquadramento do projeto na área de maquinagem, a compreensão da forma como é realizado o processo de mudança de referência e qual o conjunto de atividades que o integram.

Posteriormente, através da aplicação da ferramenta SMED, foi realizada uma análise e avaliação do conjunto de atividades com o intuito de perceber se o modo e sequência de execução das mesmas são os mais corretos. Para cada um dos problemas críticos diagnosticados foram desenvolvidas propostas de melhoria com o principal objetivo de simplificar e reduzir o tempo de mudança de referência.

Seguiu-se a fase de testes, implementações e análise de resultados para cada uma das propostas viáveis. Para finalizar o projeto de melhoria foi realizada a normalização do conjunto de operações do processo de forma a definir o modo e sequência de execução do mesmo.

1.4 Estrutura da Dissertação

O presente relatório encontra-se dividido em seis capítulos, sendo este capítulo o da introdução que tem como intuito definir os objetivos e enquadrar, em termos gerais, o trabalho realizado.

No Capítulo 2 é feito o enquadramento teórico, englobando os temas relacionados com o projeto.

O Capítulo 3 retrata a situação inicial, sendo descrita a análise e recolha de dados e definindo-se quais os pontos problemáticos que devem ser alvo de intervenção, de acordo com as etapas da metodologia que se vai aplicar.

No Capítulo 4 são analisadas as soluções projetadas, seguindo-se, no Capítulo 5, a descrição dos dados relativos à fase de testes, implementações e resultados obtidos.

Por fim, no Capítulo 6 são apresentadas as conclusões retiradas do desenvolvimento do projeto e os trabalhos futuros que podem vir a ser desenvolvidos.

2 Enquadramento Teórico

Como base de estudo para a realização deste projeto são referenciados, numa primeira abordagem, o ciclo *Plan-Do-Check-Act* (PDCA) e a metodologia *Lean Production*, na qual são expostos conceitos, princípios e ferramentas de apoio que a integram. Tendo em conta o principal objetivo do trabalho, aplicação da metodologia *Single Minute Exchange of Die* (SMED), é feita ligação às suas etapas de implementação e ao seu impacto no sistema de produção. Por último, é realizada uma análise crítica.

2.1 Ciclo PDCA

O ciclo PDCA, também conhecido como o ciclo *Plan-Do-Study-Act* (PDSA) ou *Deming Cycle*, define-se como sendo um modelo de gestão da qualidade que consiste numa sequência lógica de quatro etapas repetitivas com o objetivo de desenvolver a aprendizagem e o conhecimento de forma a criar melhoria contínua (Kotnour 2000). O ciclo PDCA, representado na Figura 3, é amplamente utilizado e de fácil compreensão, constituindo a base de uma abordagem científica para a resolução de problemas.

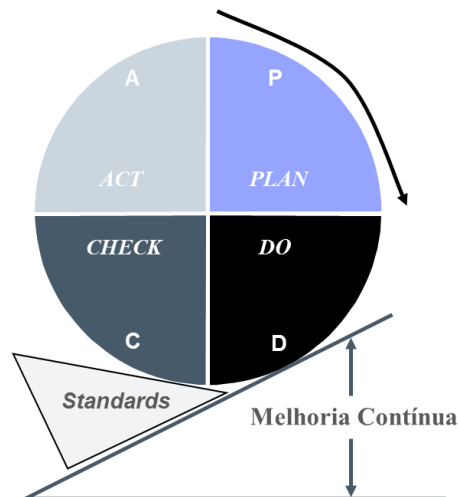


Figura 3 – Ciclo PDCA (Wiesner 2009)

Em primeiro lugar é fundamental identificar a natureza e as causas dos problemas, estabelecendo factos e criando metas de forma a planear o trabalho a realizar (*plan*). O planeamento é interpretado como sendo um conjunto de expectativas relativas às etapas que o projeto deve abranger e os resultados a esperar (Kotnour 2000). Posteriormente à finalização desta etapa são implementadas as etapas ou soluções definidas (*do*). A implementação fornece um conjunto de resultados esperados ou inesperados inerentes às ações aplicadas. Por forma a avaliar os resultados obtidos, são realizadas comparações com os dados iniciais de forma a testar a validade do plano e conseguir identificar progressos, problemas ou áreas de melhoria (*check*). Quando comprovada a eficácia das implementações e para finalizar o ciclo, procede-se à correção dos problemas, utilizando-se procedimentos de normalização do trabalho ou reformulando-se novamente o método de forma a encontrar uma nova abordagem de melhoria (*act*). Estas quatro etapas são repetidas várias vezes como parte de um ciclo ininterrupto de melhoria contínua (Kotnour 2000). Desta maneira fica assegurado que os problemas são resolvidos desde as suas raízes e repetições futuras são evitadas (Pellegrini, Shetty et al. 2012).

2.2 Lean Production

Lean Production é um modelo organizacional que corresponde à criação de produtos de qualidade com tempos de entrega reduzidos e que correspondem aos requisitos dos clientes, através da eliminação de desperdícios ao longo de toda a cadeia de valor (Shah and Ward 2003). Segundo Womack, Jones et al. (2007), *Lean Production* é definido como um sistema de produção inovador que relaciona as vantagens do sistema de produção tradicional com o sistema de produção em massa (*mass production*), evitando o elevado custo do primeiro e a reduzida flexibilidade e recursos do segundo. Esta filosofia integra atividades delineadas para atingir grandes volumes e elevada qualidade produtiva beneficiando de reduzidos inventários de matérias-primas e produtos (Jacobs and Chase 2014).

As bases e princípios do *Lean Thinking* surgiram do conceito de produção *Just-In-Time* (JIT) criado no Japão e do sistema desenvolvido pela *Toyota*, *Toyota Production System* (TPS), representado na Figura 4.

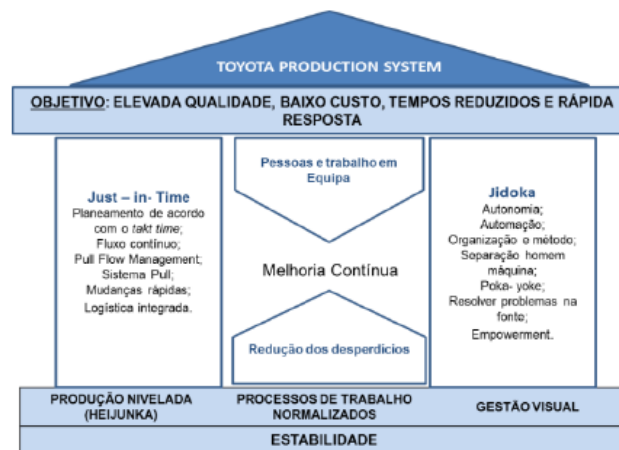


Figura 4 – Estrutura do TPS. Adaptado de (Liker 2004)

De acordo com Jacobs and Chase (2014), o sistema TPS foi concebido com o objetivo de melhorar a qualidade e flexibilidade produtiva e está assente em duas grandes filosofias que são fulcrais na cultura Japonesa: a eliminação de desperdício e o respeito pelas pessoas.

2.2.1 Muda

O conceito de desperdício (ou *muda* em japonês) é definido como toda a atividade que não acrescenta valor ao produto na perspetiva do cliente, e como tal deverá ser eliminada do processo (Ohno 1988). Valor na ótica do cliente (*customer value*), é entendido como algo pelo qual o cliente está disposto a pagar (Jacobs and Chase 2014).

Uma definição mais alargada de desperdício avançada por Fujio Cho, antigo presidente da *Toyota*, identifica sete desperdícios predominantes no sistema de produção que são descritos de seguida.

- Sobreprodução – ocorre quando se produz mais do que é necessário e/ou antes de ser necessário. O excesso de produção tem como consequência a ocupação desnecessária de recursos, o consumo de materiais e de energia, a antecipação de compras de recursos, o aumento de *stocks* e a ausência de flexibilidade no planeamento, sem que haja retorno financeiro para a empresa (Pinto 2009);
- Esperas – este tipo de desperdício verifica-se quando materiais, recursos ou informações não estão disponíveis quando precisos, criando-se paragens ou tempos de espera;

- Sobreprocessamento – refere-se às operações e processos que não são necessários e pelos quais o cliente não está disposto a pagar;
- Transportes – corresponde ao transporte de material que não acrescenta valor ao produto;
- Inventário – excesso de inventário representa a acumulação de matérias-primas, de produtos semi-acabados e de produtos acabados à espera de serem expedidos;
- Movimentações – representa as movimentações de pessoas e equipamentos que não acrescentam valor ao produto;
- Defeitos – este desperdício é atribuído aos defeitos relacionados com os problemas de qualidade que os produtos apresentam.

Segundo Womack and Jones (2003) é definido ainda um oitavo desperdício, Talento e Conhecimento, relacionado com o reduzido aproveitamento das pessoas e, em particular, das suas ideias e criatividade, no que diz respeito à melhoria dos processos e práticas.

2.2.2 Ferramentas *Lean* Auxiliares

De forma a tornar possível a implementação da filosofia *Lean Production* numa organização, é necessária a aplicação de metodologias, técnicas e ferramentas, associadas à mesma. As ferramentas *lean* abordam conceitos mais gerais, comparativamente com a ferramenta SMED, no sentido que podem ser aplicadas em todas as indústrias que pretendam melhorar os seus processos e não apenas os processos de mudança de referência (Pellegrini, Shetty et al. 2012).

• 5S

Uma das ferramentas *lean* utilizadas frequentemente na redução dos tempos de mudança de referência é a metodologia 5S, tendo como objetivo principal assegurar a arrumação, a organização e a limpeza do local de trabalho, de modo a criar um ambiente saudável e a aumentar a produtividade. A designação 5S advém dos cinco pilares que suportam esta ferramenta (cinco palavras japonesas).

De acordo com Pinto (2009), a definição de cada termo da ferramenta 5S é a seguinte:

- Triagem (*Seiri*) – distinção dos materiais e ferramentas que são necessários dos que são dispensáveis para a realização das tarefas no posto de trabalho;
- Organização (*Seiton*) – identificação e ordenação de todos os materiais para que a sua visualização seja rápida e fácil, devendo os objetos ser colocados próximo dos locais onde são mais precisos e devidamente assinalados e identificados;
- Limpeza (*Seiso*) – limpeza dos postos de trabalho e do ambiente envolvente de forma a aumentar a qualidade, segurança e facilidade de deteção de alguma anomalia no equipamento;
- Normalização (*Seiketsu*) – após a implementação das três etapas anteriores é necessário mantê-las, criando normas, procedimentos e planos de ação a serem cumpridos;
- Autodisciplina (*Shitsuke*) – manutenção de todas as outras etapas e criação de hábitos, de forma a ser possível implementar a mentalidade dos 5S como um modo de vida.

As ferramentas *lean* SMED e 5S também apresentam um grande objetivo comum que é a eliminação dos desperdícios, sendo os 5S implementados, maioritariamente, no estágio 3 da metodologia SMED, como forma de reduzir os tempos das atividades externas (Pellegrini, Shetty et al. 2012). Se as ferramentas indispensáveis às atividades de mudança de referência estiverem organizadas e identificadas e a sua localização for o mais próximo possível do local

de trabalho então verificar-se-ão reduções nos tempos. Além disso, se o local de trabalho estiver permanentemente limpo permite que os colaboradores identifiquem rapidamente a origem dos problemas ou os ajustes a efetuar.

- **Standard Work**

Em termos de resolução de problemas e definição do modo de realização das operações de trabalho, a ferramenta *lean* mais indicada para implementar é o *standard work*. O *standard work* é composto por um conjunto de procedimentos de trabalho (uma rotina padrão) que visa estabelecer os melhores métodos e sequências para cada processo e para cada trabalhador.

As operações devem ser seguidas exatamente como estão definidas não existindo margem para a improvisação (Marchwinski and John 2003). Coimbra (2009) pormenoriza referindo que normalizar o trabalho significa atingir um estado de fluidez nos movimentos dos colaboradores que permite executar o trabalho no menor tempo possível e com qualidade, sendo a ferramenta SMED um caso especial do *standard work*. No fim da metodologia SMED, devem ser criadas normalizações de trabalho com o fim de evitar desperdícios de tempo em deslocações e esperas e reduzir a variabilidade no modo de execução das tarefas.

2.3 Ferramentas SMED - *Single Minute Exchange of Die*

De modo a ser possível colocar em prática a filosofia *Lean Production* é necessário que as indústrias implementem as várias técnicas e ferramentas que suportam esta filosofia, mas mais importante que as conhecer devem ser capazes de as aplicar de forma eficaz.

O *Just-In-Time* (JIT), criado por Ohno (1988), aparece como pilar da TPS e da filosofia *Lean Production* e tem como principal foco a eliminação de desperdícios. O JIT foi definido por Shingo como uma abordagem à produção que possibilita a melhoria contínua, maximização da utilização dos recursos e eliminação dos desperdícios, permitindo responder rapidamente à procura ao produzir o produto certo, na quantidade certa e no momento certo.

Neste sentido, no presente subcapítulo são apresentados os conceitos principais que formam a base de uma das várias ferramentas *Lean* de apoio à decisão e que vai ser aplicada neste projeto: a ferramenta *Single Minute Exchange of Die* (SMED).

2.3.1 História do SMED

De acordo com Shingo (1985), SMED é uma palavra que deriva das primeiras iniciais das palavras *Single Minute Exchange of Die* e é um termo que engloba a teoria e técnicas utilizadas para desenvolver operações de troca de ferramentas em menos de dez minutos ou num número de minutos expressos num único dígito. Define ainda que embora este seja o objetivo desta ferramenta *Lean*, nem todos os intervalos de tempo de troca de ferramentas conseguem ser executados em menos de dez minutos, devendo contudo ser possível obter a maior redução possível de tempo.

A origem do conceito SMED é datada de 1950, quando Shigeo Shingo, na altura consultor da *Japan Management Association*, foi convidado para desenvolver, na *Toyo Kogyo's Mazda*, um projeto de eliminação dos gargalos (*bottlenecks*) criados por três prensas para estampagem (Pellegrini, Shetty et al. 2012).

Ao longo deste projeto, Shingo constatou que as atividades executadas dentro do intervalo de tempo de troca de ferramentas poderiam ser divididas em dois tipos de atividades:

- Atividades Externas ou *External Setup* (OED) – definem-se como atividades que podem e devem ser executadas enquanto a máquina se encontra em funcionamento como, por exemplo, o transporte de moldes do armazém até à máquina;

- Atividades Internas ou *Internal Setup* (IED) – definem-se como sendo atividades que só podem ser realizadas com a máquina parada como, por exemplo, a colocação ou remoção de moldes.

Shingo desenvolveu o restante processo executando todas as possíveis atividades antes ou após a paragem da máquina (externamente). Desta forma, a eficiência foi aumentada em 50% e os gargalos foram eliminados (Shingo 1985).

Em 1957, Shingo foi solicitado para investigar as operações de maquinagem dos moentes nos motores Diesel na *Mitsubishi Heavy Industries* no Japão. Após a sua análise propôs a modificação do procedimento de controlo dimensional para que o dimensionamento e a centragem da cambota fosse realizada numa segunda mesa ao invés de ser na mesa original. Ao realizar esta atividade antecipadamente, a única tarefa que ficará pendente da paragem da máquina será a substituição da nova mesa pela anterior. Segundo Shingo (1985), esta implementação resultou num aumento de 40% na produtividade e representou a primeira tentativa bem sucedida para converter atividades internas em externas.

As perceções obtidas por Shingo foram consolidadas treze anos depois na base da *Toyota Motor's Company*. De acordo com as sugestões e aplicação dos princípios relativos à distinção entre atividades internas e externas, conversão das atividades internas em externas e melhoria das tarefas de ambos os tipos de atividades, a *Toyota* foi capaz de reduzir o tempo de troca de ferramentas, correspondente a uma prensa, de quatro horas para três minutos.

Na esperança de que qualquer intervalo de tempo de troca de ferramentas pudesse ser executado em menos de dez minutos e tendo a metodologia sido iniciada em prensas, Shingo designou este conceito por *Single Minute Exchange of Die* (SMED) (Pellegrini, Shetty et al. 2012). Mais tarde, a ferramenta SMED foi adotada por todas as fábricas da *Toyota* e continua a integrar um dos principais elementos do *Toyota Production System*.

O desenvolvimento do conceito SMED ocorreu ao longo de dezanove anos e foi baseado em teorias e anos de experiências práticas, constituindo uma aproximação científica à redução do tempo de troca de ferramentas e que pode ser aplicado em qualquer fábrica e máquina (Shingo 1985).

2.3.2 Mudança de Referência

Segundo Marchwinski and John (2003), *setup*, também designado como *changeover* ou mudança de referência, é definido como o processo de mudança da produção de um determinado produto para outro de referência diferente, numa dada máquina ou num conjunto de máquinas ligadas, recorrendo às operações de troca de peças, ferramentas ou moldes. O resultado de um *setup* depende fundamentalmente de quatro elementos chave: os aspetos técnicos do equipamento e ferramentas, a organização do trabalho, o método usado e a motivação das pessoas (Van Goubergen and Van Landeghem 2002).

Referido pelos mesmos autores, *setup time*, também designado por *changeover time* ou tempo de mudança de referência, consiste no intervalo de tempo entre a última peça conforme da ordem de produção anterior e a primeira peça com qualidade da ordem seguinte (ver esquema na Figura 5).

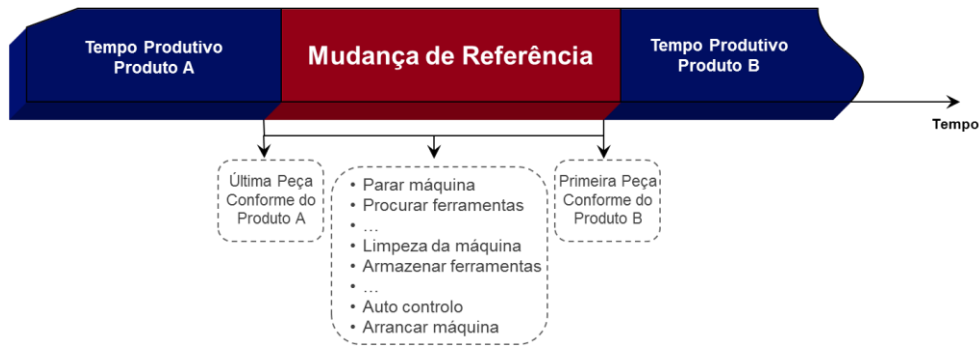


Figura 5 – Representação do conceito de mudança de referência

Setup reduction, ou redução do tempo de mudança de referência, é considerado como um processo que possibilita a redução do intervalo de tempo destinado à mudança de produção, desde a última peça da ordem de produção anterior até à primeira peça conforme da ordem seguinte (Marchwinski and John 2003).

A ferramenta SMED, também referida como *Quick Changeover of Tools*, é caracterizada como a quantidade mínima de tempo necessário para realizar a mudança da atividade de produção, tendo em observação o tempo correspondente ao momento em que a última peça do lote anterior é produzida e a produção de uma peça conforme do novo lote (Shingo 1985). Esta ferramenta surgiu em resposta à necessidade urgente de diminuição do tamanho dos lotes de produção, devido ao aumento da flexibilidade imposta pela procura do cliente, tendo assim como missão eliminar, ou minimizar e simplificar, os tempos de mudança de referência (Coimbra 2009). Shingo (1985) considera que a ferramenta SMED é o método mais efetivo para alcançar um sistema de produção JIT.

Os procedimentos de mudança de referência são normalmente considerados como sendo de carácter variado, dependendo do tipo de operação ou do tipo de equipamento utilizado. No entanto, quando estes procedimentos são analisados de uma perspetiva diferente, podem compreender uma sequência de passos definidos. Na Figura 6 é possível observar a distribuição do tempo entre as diferentes etapas normalmente comuns aos vários procedimentos de mudança de referência (Shingo 1985).

Etapas Principais do Processo de Mudança de Referência

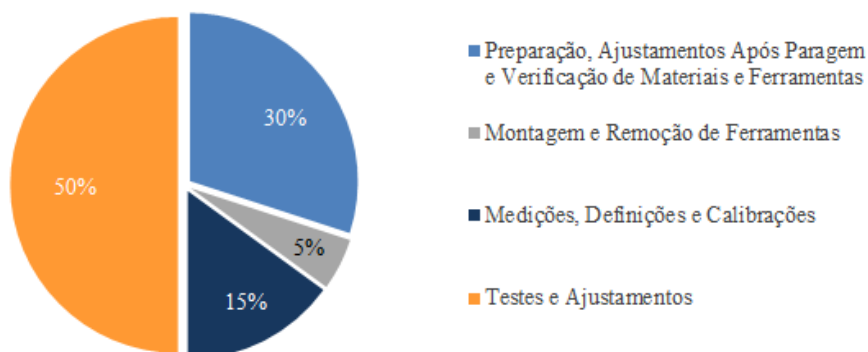


Figura 6 – Etapas comuns aos processos de mudança de referência

De acordo com Shingo (1985), é possível dividir o tempo de mudança de referência no conjunto de etapas a seguir descritas:

- Preparação, ajustamentos após paragem e verificação de materiais e ferramentas
Esta etapa assegura que todas as peças e ferramentas estão no sítio devido e a funcionar corretamente. Inclui também o período após o processo de mudança de referência que engloba a arrumação das ferramentas e a limpeza da máquina.
- Montagem e remoção de ferramentas
Contém a remoção de peças e ferramentas após finalização do processo de mudança de referência e a montagem destas de acordo com a nova ordem de produção.
- Medições, definições e calibrações
Inclui todas as medições e calibrações que devem ser realizadas de forma a arrancar com a nova ordem de produção, como centragens, dimensionamentos ou medições de temperaturas e pressões.
- Testes e ajustamentos
Nesta etapa são contemplados os ajustamentos importantes após a realização de testes relativos às primeiras peças da nova ordem de produção. A grande proporção de tempo correspondente a esta etapa deve-se, normalmente, à falta de precisão nas medições e calibrações da etapa anterior e aos conhecimentos e prática dos operadores do equipamento.

2.3.3 Estágios Concetuais e Técnicas

A metodologia desenvolvida por Shingo (1985), que constitui a ferramenta SMED, é decomposta em quatro estágios concetuais, sendo o primeiro o estágio preliminar, e engloba algumas técnicas utilizadas nos respetivos estágios. Os estágios concetuais estão ordenados da seguinte forma.

- Estágio Preliminar: Não Há Distinção Entre Atividades Internas e Externas
Normalmente, numa fase inicial, não se conseguem distinguir as atividades internas e externas e as atividades que poderiam ser realizadas com a máquina em funcionamento são realizadas com esta parada. Nesta fase é essencial observar e analisar em grande detalhe a área fabril, recorrendo ao uso de um cronómetro, entrevistas com os operadores e, principalmente, filmagens.
- Estágio 1: Separação das Atividades Internas e Externas
Na implementação do SMED, este estágio é considerado dos mais importantes. Através da recolha e análise de dados (tempos, movimentos, operações), classificam-se as atividades de acordo com o tipo de atividade correspondente, interna ou externa, e organizam-se as atividades externas de forma a que sejam realizadas antes ou após a paragem da máquina. Este estágio consegue alcançar reduções entre 30 a 50% no tempo de mudança de referência.
- Estágio 2: Conversão das Atividades Internas em Externas
A conversão das atividades internas em externas envolve duas importantes noções: reexaminar todas as operações para verificar se algum passo pode ter sido inadequadamente assumido como interno e obter soluções para converter estes passos em atividades externas. Operações que são executadas como atividades internas podem, muitas vezes, ser convertidas em externas através da análise profunda das suas funções efetivas, sendo extremamente importante adotar novas perspetivas.

○ Estágio 3: Melhoria Contínua de Cada Operação das Atividades

Todas as operações de mudança de referência, internas ou externas, devem ser melhoradas nesta fase final, analisando ao pormenor cada elemento que constitui uma operação. Com este fim, devem ser elaboradas normalizações (*standards*) de trabalho que definam exatamente como, quando e onde cada operação deve ser realizada. Embora o objetivo da ferramenta SMED consiga ser atingido implementando os estágios 1 e 2, isto não se verifica na maioria das situações.

Shingo (1985) também estabeleceu algumas técnicas implementadas, tanto em atividades internas como externas, de acordo com o respetivo estágio (Figura 7).

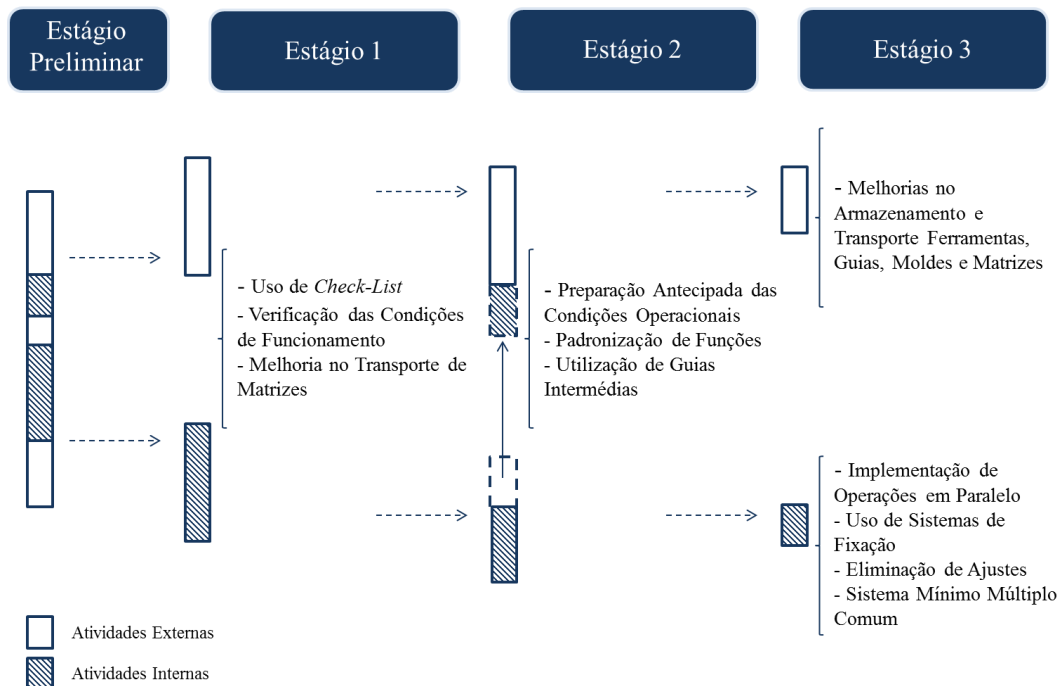


Figura 7 – Estágios e técnicas da metodologia SMED. Adaptado de (Shingo 1985)

Os estágios 2 e 3 não precisam de ser implementados de forma sequencial, podendo ser executados quase em simultâneo. A aplicação e desenvolvimentos mais amplos e variados podem ser encontrados para outros ramos das indústrias e máquinas se os estágios, métodos e técnicas da metodologia SMED forem compreendidos.

2.3.4 Impacto do SMED - Capacidade, Flexibilidade e Fluxo

A globalização dos mercados e o desenvolvimento tecnológico introduziu novas exigências, por parte dos consumidores, nomeadamente no que respeita ao aumento da variabilidade e customização dos produtos, aliada a prazos de entrega curtos, elevada qualidade e custos reduzidos. Sendo os consumidores um elemento-chave no setor produtivo é necessário criar uma elevada flexibilidade e capacidade de resposta às constantes mudanças dos mercados atuais.

As indústrias tradicionais consideravam que os tempos de mudança de referência conduziam a custos e tempos perdidos muito elevados e desta forma optavam por reduzir o número de mudanças de referência e produzir lotes de grandes dimensões. Se fosse recebida uma encomenda de ordem elevada, a grande dimensão dos lotes não seria um problema, pois o efeito do tempo de mudança de referência seria trivial ao dividir pelo tempo total do processo. Porém, em ordens de pequenas grandezas, o impacto do tempo de mudança de referência era bastante elevado. Quando a procura se tornava bastante diversificada e as quantidades de encomendas reduzidas, o tamanho dos lotes era elevado através da combinação das várias

encomendas e da produção antecipada, traduzindo-se consequentemente em excesso de produção dispensável no momento (sobreprodução).

Resumindo a problemática dos lotes de grandes dimensões, estes apresentam custos reduzidos associados a longos tempos de mudança de referência e, ao mesmo tempo, um aumento nos custos associados a elevados níveis de inventários (Shingo 1985). Esta relação é demonstrada graficamente através da Figura 8, na qual os *Holding Costs* englobam os custos de armazenamento do inventário e o custo do próprio material em inventário, enquanto que os custos de mudança de referência (*Setup Cost*) incluem os custos salariais dos trabalhadores, os custos administrativos e de abastecimento, relativos ao tempo total de mudança de referência (Jacobs and Chase 2014). O ponto de interseção destas duas funções é designado por *Economic Order Quantity* (EOQ), Quantidade Económica de Encomenda ou Quantidade de Wilson.

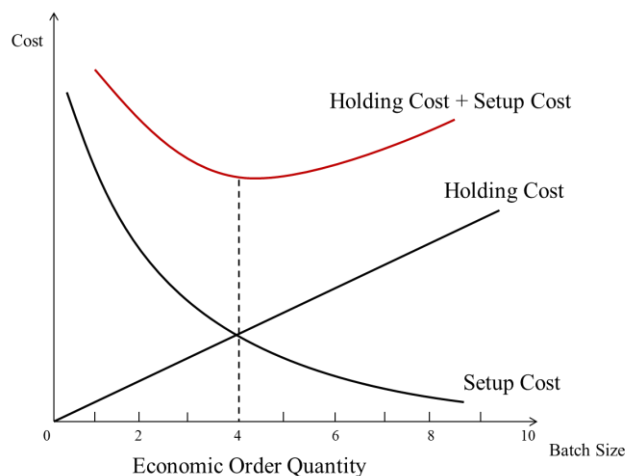


Figura 8 – Quantidade Económica de Encomenda. Adaptado de (Jacobs and Chase 2014)

A Quantidade Económica de Encomenda é estabelecida como sendo a quantidade de encomenda que minimiza o custo total de inventário e os custos de encomenda ou de mudança de referência (Coimbra 2009). Shingo (1985) define que a EOQ é o ponto em que os prós e contras do processo de mudança de referência e do nível de inventário se equilibram. Acrescenta ainda que este conceito induz a que drásticas reduções no tempo de mudança de referência sejam consideradas como impossíveis.

A *Toyota* começou a desenvolver e a aplicar a ferramenta SMED devido à necessidade de trabalhar com lotes de pequenas dimensões, reduzindo o inventário e originando um fluxo contínuo de materiais (Coimbra 2009). Desta forma, rapidamente constataram que os custos de mudança de referência não eram nem constantes nem fixos e que poderiam ser reduzidos através da redução do tempo de mudança de referência, diminuindo, consequentemente, a EOQ e o custo total de inventário (Figura 9).

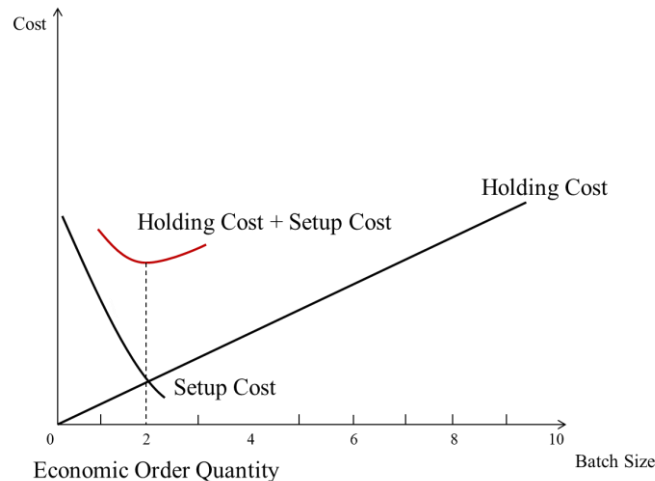


Figura 9 – Efeito do SMED. Adaptado de (Jacobs and Chase 2014)

O impacto da aplicação da metodologia SMED traduz-se, visivelmente, num aumento considerável da flexibilidade e da capacidade produtiva dos equipamentos. Se o tempo de mudança de referência for drasticamente reduzido, a eficiência e disponibilidade da máquina aumentam, contribuindo, desta forma, para um aumento da capacidade produtiva apesar de o número de mudanças de referência ser maior. A possibilidade de investir em novos equipamentos também é colocada de parte. A flexibilidade produtiva também é aumentada devido ao aumento da facilidade com que os produtos de ordens de produção distintas são executados, permitindo responder rapidamente às variações da procura. Ao mesmo tempo esta ferramenta permite conjugar uma elevada diversidade na gama de produtos, um fluxo contínuo de materiais, uma diminuição no tamanho dos lotes e um nível mínimo de inventário.

Outro aspeto fundamental a ter em atenção, é o facto de a aplicação do SMED originar a redução do nível de conhecimento e aptidões dos trabalhadores, considerados de elevada importância tradicionalmente. As mudanças implementadas no equipamento procuram introduzir operações rápidas e simples, eliminando a necessidade de um nível de instrução elevado por parte dos trabalhadores (Shingo 1985).

Por último, outros efeitos secundários são atingidos, tais como a eliminação de erros, a diminuição da probabilidade de ocorrência de defeitos e sucata, a melhoria da qualidade dos produtos e o aumento da segurança.

2.3.5 Análise Crítica da Metodologia

O trabalho desenvolvido por Shingo representa a base dos inúmeros projetos e melhorias relacionados com a questão da mudança de referência em ambiente industrial, sendo que a associação do termo SMED ao conceito de mudança de referência é imediata. Apesar da sua inigualável reputação, ao longo dos últimos anos, a análise e modificação da metodologia convencional da ferramenta SMED, criada por Shigeo Shingo, têm recebido uma enorme atenção, surgindo constantemente argumentos e críticas relativos ao desenvolvimento e remodelação das atividades que constituem cada estágio, com foco na maximização da eficiência da produção.

Antes de mais, dada a análise e aplicação desta ferramenta no projeto, é fundamental definir o uso do termo SMED. McIntosh, Culley et al. (2000) definiram uma clara distinção entre três termos utilizados para definir esta sigla (SMED): conceito, metodologia ou programa de melhoria. Dentro da primeira distinção que define o SMED como um conceito, este é entendido como o conjunto dos estágios concetuais, tendo como meta e aplicação específica a redução do tempo de mudança de referência. A segunda definição descreve os quatro estágios

conceituais pressupondo a aplicação destes de forma sequencial, como também as técnicas correspondentes a cada um. A definição de SMED como uma metodologia é considerada mais apropriada comparativamente com outras designações como filosofia, processo ou abordagem. Na terceira definição, a ferramenta SMED é vista como um programa de melhoria assente na procura da melhoria contínua, no desenvolvimento de alterações tanto a nível dos processos como dos equipamentos, na formação dos trabalhadores e na definição de responsabilidades.

A definição convencional atribuída ao tempo de mudança de referência é dada pelo intervalo de tempo entre a última peça boa da ordem de produção anterior e a primeira peça boa da ordem seguinte. A partir desta definição, e analisando a Figura 10, são levantadas algumas dúvidas relativas à perda de produção existente antes (fase de desaceleração da produção ou *run-down period*) e após (fase de aceleração da produção ou *run-up period*) o período considerado (McIntosh, Culley et al. 2001). McIntosh, Owen et al. (2007) afirmam que a recuperação da capacidade produtiva após o tempo de mudança de referência e após a produção da primeira peça boa da ordem seguinte não é constante, o mesmo aplicando-se à fase que antecede a verificação da última peça boa da ordem anterior, devendo desta forma integrar o tempo de mudança de referência. Os mesmos autores indicam que o período após a produção da primeira peça com qualidade é pouco estável e bastante comum, podendo muitas vezes constituir a maior totalidade do tempo de mudança de referência.

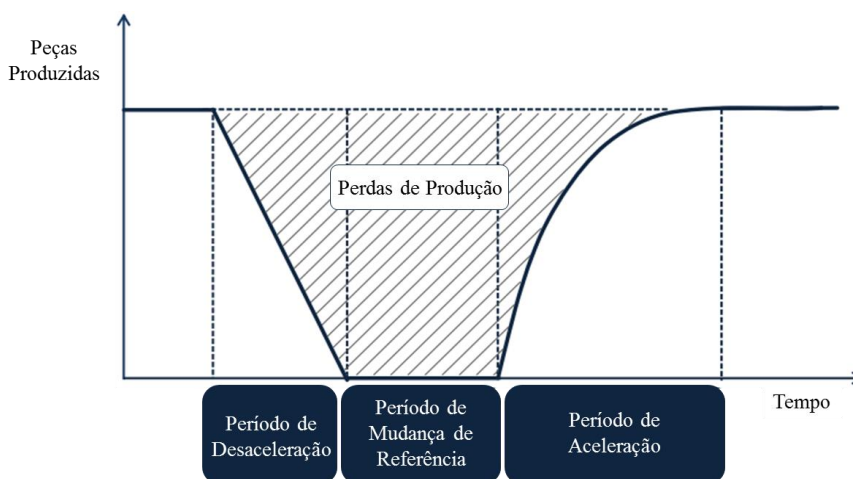


Figura 10 – Períodos de desaceleração e aceleração. Adaptado de (McIntosh, Culley et al. 2001)

Outro aspeto relativo ao tempo de mudança de referência que é alvo de pesquisas é a falta de atenção dada aos diferentes tipos de mudanças possíveis entre produtos de referências distintas ocorridas no mesmo equipamento. Segundo Sugai, McIntosh et al. (2007), o tempo necessário para a mudança de referência apresenta relação direta com o grau de similaridade entre duas atividades efetuadas sucessivamente na mesma máquina. Se um conjunto de atividades a serem executadas numa máquina são idênticas, o tempo disponibilizado para a mudança será relativamente pequeno. Contrariamente, se o conjunto de atividades for completamente diferente, o tempo gasto na mudança será maior. Shingo (1985) não faz referência a esta questão da importância da sequência de produção, correndo-se o risco de definir um tempo de mudança de referência generalizado para quaisquer tipos de mudança.

O estudo dos estágios conceituais e respetivas técnicas também revela elevada importância no desenvolvimento global das análises realizadas por vários autores à ferramenta SMED. Ao estudar a metodologia criada por Shingo identificam-se dois pontos relevantes: a melhoria dos estágios aplicada de forma sequencial e a melhoria das técnicas atribuídas a cada estágio. McIntosh, Culley et al. (2000) afirmam que os estágios, as técnicas e os exemplos descritos estão estruturados hierarquicamente e que a importância dada aos estágios 1 e 2 é

sobrevalorizada, transformando-se até na própria definição de SMED. Apesar da importância dada à identificação dos tipos de atividades e à conversão das atividades internas em externas (redução estimada entre 30 e 50%), colocando-as como primeiras etapas na redução do tempo, as restantes melhorias só são possíveis com modificações no equipamento e eliminações de ajustes (técnicas atribuídas ao terceiro estágio), sendo de destacar que a conversão das atividades internas em externas não diminui o conteúdo do trabalho nem o conjunto total de tarefas a serem realizadas.

O tempo atribuído à realização de testes e ajustes representa 50% do tempo total de mudança de referência e a utilização da técnica “implementação de operações paralelas” pode reduzir o tempo em mais de 50%. Através destas conclusões apresentadas por Shingo (1985) é possível constatar que o terceiro estágio pode oferecer benefícios equivalentes aos estágios 1 e 2. No entanto, o estágio 3 e as técnicas correspondentes recebem menos atenção em aplicações industriais (Sugai, McIntosh et al. 2007). Os mesmos autores afirmam que é possível obter melhorias importantes neste estágio podendo, por vezes, serem aplicadas antes dos estágios 1 e 2, devido à ineficiência do trabalho provocada por ferramentas ou materiais inadequados. Situações em que o tempo de mudança de referência seja baixo ou em que não seja possível reduzi-lo utilizando apenas a conversão das atividades internas em externas, as técnicas e melhorias implementadas no estágio 3 serão fundamentais.

De acordo com McIntosh, Culley et al. (2000), o desenvolvimento de melhorias nos equipamentos pode ser identificado como organizacional ou de projeto. Melhorias organizacionais entendem-se como sendo o conjunto de práticas que destacam o trabalho em equipa, o envolvimento das pessoas e a procura de uma melhoria contínua. As melhorias de projeto estão relacionadas com alterações de *design* dos equipamentos, podendo ser um processo mais demorado e com custos mais elevados. Os mesmos autores avaliam que a metodologia SMED procura desenvolver melhorias a nível organizacional com a implementação dos estágios 1 e 2 para depois desenvolver mudanças a nível de projeto no estágio 3. Embora o conceito de *design* esteja representado na metodologia SMED, este é muitas vezes utilizado apenas em oportunidades relativamente simples, sendo dada pouca importância a este fator. As modificações em termos de *design* apresentam o potencial de permitir o desenvolvimento e melhoria de novas atividades mais eficientes que permitem a redução drástica dos tempos de mudança de referência sem a necessidade de grandes investimentos.

3 Apresentação da Situação Inicial

Após a revisão bibliográfica dos aspetos que integram o projeto desenvolvido, o presente capítulo pretende enquadrá-la nas atividades e nos processos de produção realizados na *Pigment Furniture Factory* (PFF).

3.1 Fluxo de Materiais na PFF

A PFF, unidade da IKEA *Industry* Portugal, é composta por três áreas de produção com funções distintas: maquinagem, pintura e embalagem. Por sua vez, a maquinagem, área na qual decorreu o presente projeto, engloba três setores: *cutting*, *profiling* e *edge band & drill*.

De acordo com a produção na PFF, os produtos são classificados em quatro grandes famílias: *Kitchen Fronts* (designada por KF), *Utrusta*, *Birkeland* e *Hemnes*. Os produtos finais das famílias *Birkeland* e *Hemnes* são compostos por um determinado conjunto de peças.

A Tabela 1 apresenta a quantidade produzida respetiva a cada família de produtos no ano fiscal 2014 (FY14)¹.

Tabela 1 – Quantidade produzida de cada família de produtos no ano fiscal 2014

Família de Produtos	Quantidade Produzida
<i>Kitchen Fronts</i>	2 724 462
<i>Utrusta</i>	309 366
<i>Birkeland</i>	634 786
<i>Hemnes</i>	376 470

Os produtos que integram a família KF correspondem a frentes de cozinha, enquanto que os da família *Utrusta* correspondem às gavetas interiores de cozinha e os das famílias *Birkeland* e *Hemnes* a mobiliário de quarto.

Os fluxos de materiais entre fornecedores, processos e clientes encontram-se representados na Figura 11 através de um diagrama SIPOC, sendo a sigla resultado das primeiras iniciais de *Suppliers*, *Inputs*, *Process*, *Outputs* e *Clients*.

¹ O ano fiscal 2014 abrange o intervalo de tempo entre 1 de Setembro de 2013 e 31 de Agosto de 2014.

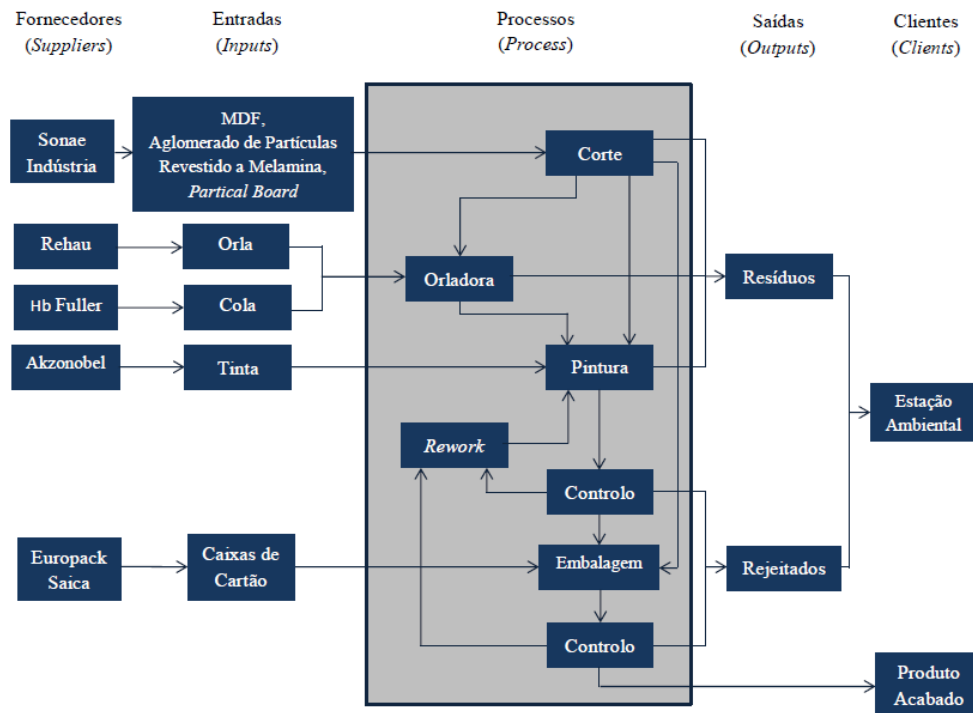


Figura 11 – Diagrama SIPOC

A matéria-prima utilizada na PFF é o *Medium Density Fiberboard* (MDF), *Partical Board* (PB) e aglomerado de partículas revestido a melamina. De acordo com a ordem dos processos de produção, a matéria-prima é, inicialmente, submetida a um processo de corte no qual as placas são cortadas com as dimensões pretendidas. Posteriormente, de acordo com as características pretendidas, as peças são submetidas a processos de tratamento, orlagem, corte, fresagem e furação. De seguida, os produtos são direcionados para as linhas de pintura, terminando o processo de produção na montagem e embalagem.

O controlo da qualidade dos produtos ocorre ao longo dos processos nas várias linhas de produção (conjunto de máquinas interligadas) e, com mais rigor, antes e após a montagem e embalagem. Quando as peças apresentam defeitos irreparáveis são rejeitadas. No caso de existir a possibilidade de os defeitos serem corrigidos, as peças são reencaminhadas para a zona de *Rework*.

3.2 Descrição do Processo de Maquinagem na Linha CNC

Este projeto, tal como referido anteriormente, teve como objeto de análise uma máquina de controlo numérico computadorizado (CNC), presente na área de maquinagem.

Na área de maquinagem, mais especificamente no setor de perfilagem, estão integradas quatro máquinas CNC que produzem apenas peças da família KF. A máquina CNC que foi alvo de estudo e análise ao longo do projeto é a única das quatro que produz vitrines (*glass doors*), além de produzir também portas e gavetas. No Anexo A apresenta-se o conjunto de artigos que pertencem à família KF.

O controlo numérico é uma forma de automação no qual o equipamento é controlado através de um programa baseado em letras, números e outros símbolos. Desta forma, o equipamento adquire uma determinada independência dos operadores. O controlo numérico computadorizado (CNC) é um sistema de controlo numérico que utiliza um micro-computador como unidade de controlo de uma máquina, sendo este encarregue da realização de todos os cálculos necessários e operações lógicas. O sistema CNC é a ponte entre o operador e a máquina. Neste caso, as máquinas associadas ao sistema CNC, presentes na PFF, são fresadoras, nas

quais as peças são fixas nas mesas e trabalhadas por determinadas ferramentas rotativas. A Figura 12 representa de forma simples o *layout* da máquina CNC da PFF e a legenda das ferramentas e materiais que a constituem.

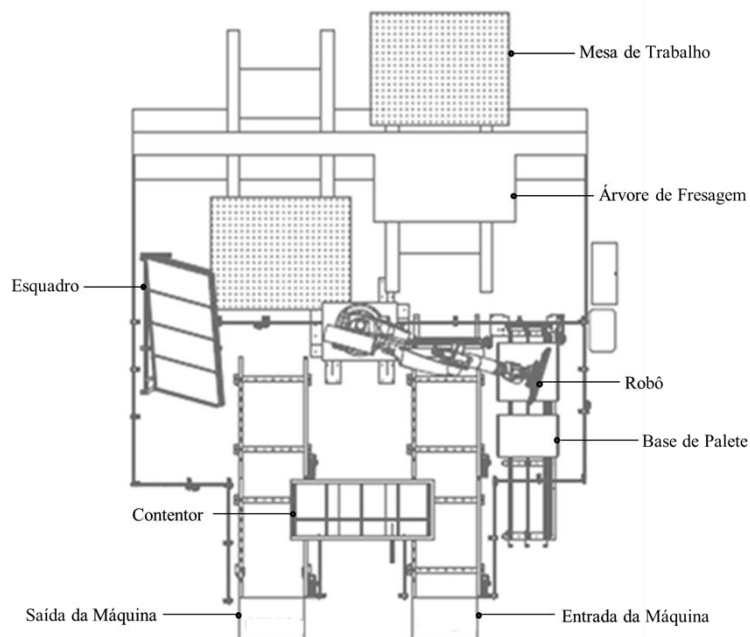


Figura 12 – *Layout* da máquina CNC

O processo de produção é idêntico para qualquer referência produzida na máquina CNC e engloba um conjunto de etapas sequenciais que podem ser divididas em quatro fases. Esta divisão está relacionada com as funções e as áreas onde as peças estão localizadas. A primeira fase contém as etapas que permitem o abastecimento das entradas das máquinas CNC. As etapas que caracterizam essa fase estão identificados na Figura 13.

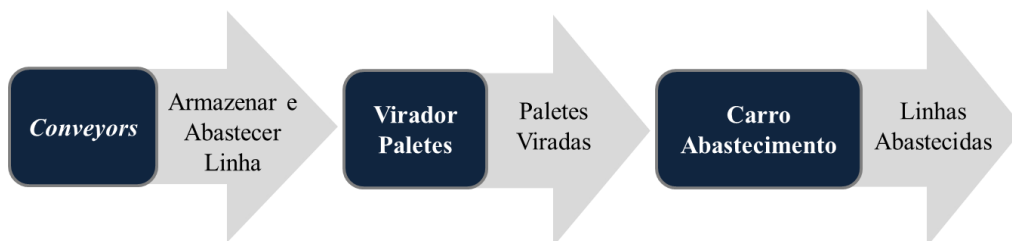


Figura 13 – Etapas do abastecimento da entrada da máquina CNC

A partir do momento em que a paleta se encontra no *conveyor* e caso seja necessário virá-la, dependendo do lado da peça que se pretende fresar, esta é encaminhada pelo operador para o virador de paletes, utilizando o carro de abastecimento. Após a finalização desta etapa, a paleta é redirecionada para a entrada de uma determinada máquina CNC pelo carro de abastecimento.

No caso de não ser necessário virar a paleta, esta é reencaminhada pelo operador diretamente para a entrada da máquina utilizando o carro de abastecimento.

Após o carro de abastecimento se encontrar próximo do local de entrada da máquina, a paleta é conduzida para o seu interior por meio do *infeeder* (tapete de abastecimento automático na máquina). Depois de a paleta estar posicionada na zona correta da máquina, próxima dos raspadores, estes têm como função assegurar o seu correto posicionamento através de sensores integrados e separar as peças por camadas, de modo a que o robô consiga movimentá-las sem pegar em duas peças juntas. Terminada a separação das peças, o *outfeeder* (tapete automático de saída da máquina) é abastecido com uma base através de ventosas

incorporadas no robô. A evolução das etapas da fase de preparação das peças apresenta-se na Figura 14.



Figura 14 – Etapas da preparação das peças na máquina CNC

Tal como acontece nas fases anteriores, a fase seguinte de abastecimento das mesas da máquina com peças passa por três etapas, como se pode observar na Figura 15, sendo a primeira delas a movimentação de peças utilizando o robô. O robô é constituído por quatro pinças e cada uma movimenta apenas uma peça retirada da separação executada pelos raspadores. De seguida, o robô coloca as peças no esquadro, por forma a que as peças fiquem em esquadria relativamente às mesas da máquina CNC. Concluída a etapa, o robô coloca as peças na mesa, de acordo com a posição das guias que se encontram aparafusadas à mesa, repetindo este passo duas vezes de forma a completar o abastecimento de uma mesa (cada mesa é composta por oito divisórias).

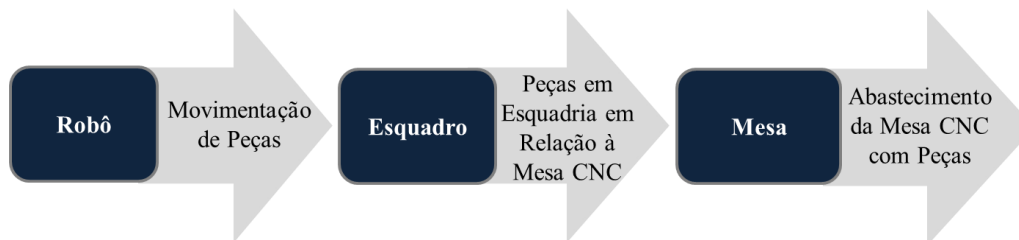


Figura 15 – Etapas do abastecimento das mesas CNC

A última fase, resumida na Figura 16, é constituída por quatro etapas, iniciando-se com a passagem dos programas necessários, para produzir uma determinada referência, do *software alpha cam* para o computador da CNC. Iniciada a ativação dos dados do *software*, a fresagem das peças é executada por quatro cabeças de motores que integram um determinado conjunto de fresas. Simultaneamente à fresagem das peças de uma mesa, o robô abastece com peças a segunda mesa pelo mesmo processo descrito anteriormente. Concluída a fresagem, o robô movimenta as peças da primeira mesa (quatro a quatro) para um contentor, localizado na máquina, no qual são colocados os desperdícios das peças. A ocorrência desta etapa só se verifica quando ocorre a produção de vitrines. Por último, o robô empilha as peças fresadas na base que foi colocada inicialmente no *outfeeder*.

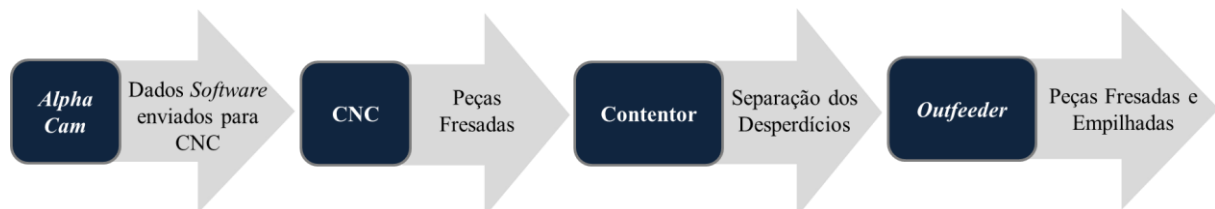


Figura 16 – Etapas de fresagem e finalização do processo

Finalizada a fresagem da primeira mesa, as cabeças de motores movimentam-se para a segunda mesa de modo a iniciar a fresagem do segundo conjunto de oito peças. Por fim, são executadas as últimas duas etapas desta fase para a segunda mesa.

3.3 Descrição do Processo de Mudança de Referência

O projeto desenvolvido na máquina CNC teve como objetivo de estudo a redução dos tempos de mudança das várias referências produzidas. Este projeto surgiu devido ao elevado tempo de mudança de referência na máquina CNC, comparativamente com as outras linhas de produção da área de maquinagem que produziam produtos da família KF.

A Figura 17 apresenta um gráfico que demonstra o elevado tempo de mudança de referência em comparação com as restantes linhas pertencentes à área de maquinagem, inclusive as restantes três máquinas CNC, que produzem a família KF, ao longo do ano fiscal 2014. De referir que a máquina CNC que é objeto de estudo tem a designação na PFF de linha 34.1.

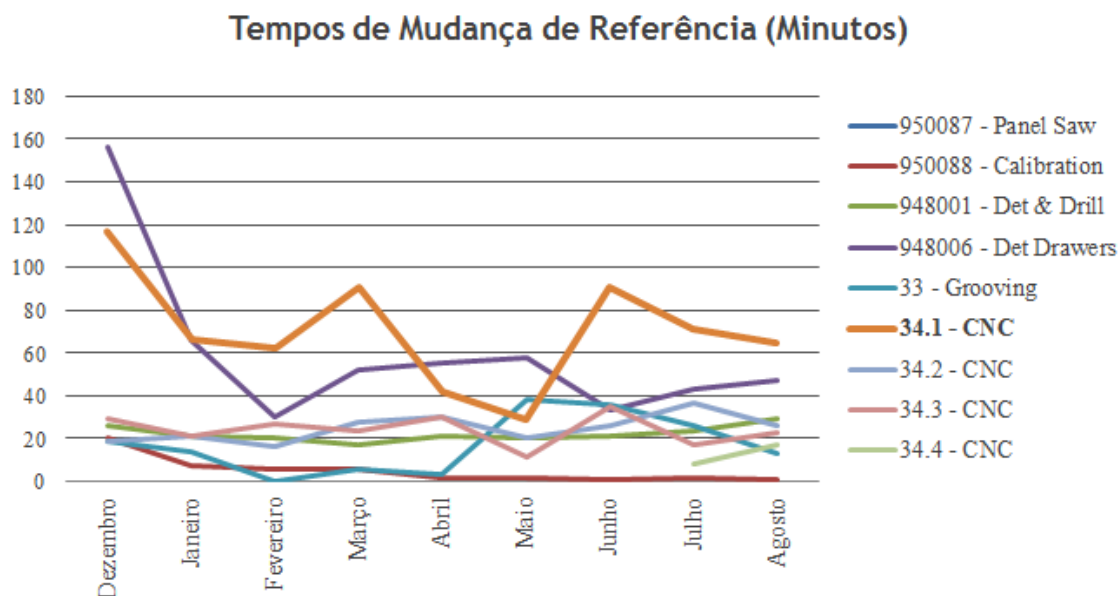


Figura 17 – Tempos de *setup* nas linhas de maquinagem que produzem KF

A grande diferença de tempos de mudança de referência observada entre a máquina CNC estudada e as restantes três máquinas CNC é justificada pelo facto da produção de vitrines ser realizada apenas na máquina 34.1. O processo de mudança de referência deste tipo de produto é complexo e bastante demorado o que eleva, consideravelmente, o tempo médio de mudança de referência obtido. Além deste facto, retira-se que o tempo médio de mudança de referência por mês, na CNC em análise é de, aproximadamente, 70 minutos.

Relativamente à média do número de mudanças de referência realizadas por mês, determina-se que o seu valor se encontra próximo de 23. Na Figura 18 é apresentado um gráfico no qual se pode observar o número de mudanças de referência efetuadas por mês e turno de janeiro a julho de 2014.

Para avaliar a percentagem de paragem da máquina correspondente à mudança de referência, por turno no 1º Trimestre do ano fiscal 2015 (FY15)², elaborou-se um gráfico, apresentado na Figura 50 do Anexo C, que compara este tipo de paragem com os restantes considerados, como as paragens de manutenções corretiva e preventiva, a falta de planificação e a falta de material (não ocorreu nos três meses avaliados).

² O ano fiscal 2015 abrange o intervalo de tempo entre 1 de Setembro de 2014 e 31 de Agosto de 2015.

Na Figura 51 do Anexo C é apresentada a eficiência, por turno no 1º Trimestre do ano fiscal 2015, da máquina CNC estudada. A eficiência resulta do produto da disponibilidade da máquina com o desempenho da mesma, verificando-se que a média (aproximadamente 72,0%) dos três meses avaliados é superior ao objetivo pretendido (70,0%).

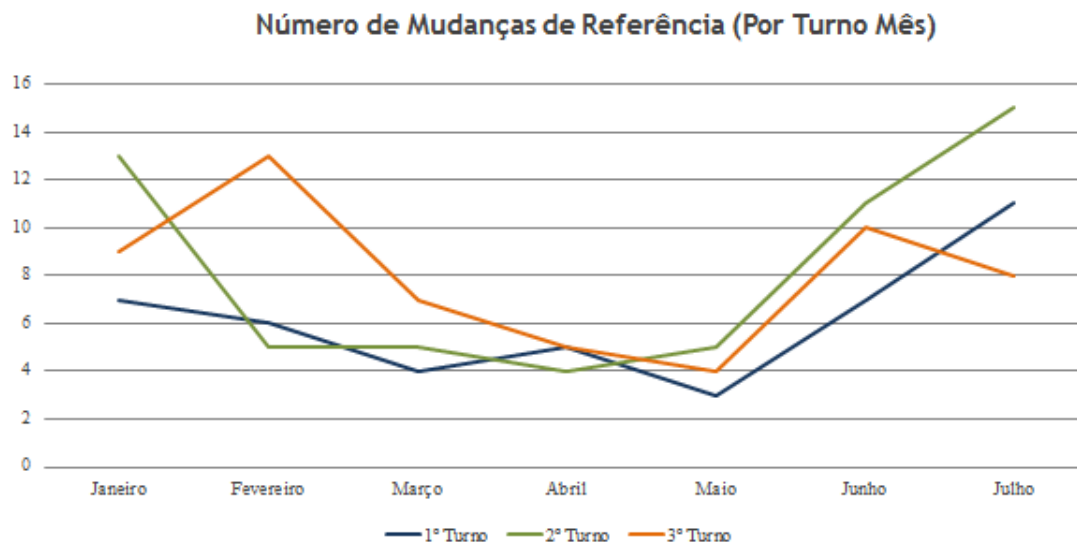


Figura 18 – Número de mudanças de referências por turno e mês no ano 2014

Nos processos de mudança de referência entre um produto da ordem de produção anterior e um produto da ordem de produção seguinte podem ocorrer quatro tipos de situações distintas: mudança de referência entre produção normal, entre produção normal e vitrines, entre vitrines e produção normal e entre vitrines. Ao longo deste relatório, a produção de portas e gavetas é considerada como produção normal.

O estudo dos quatro tipos de processos de mudança de referência realizados na máquina 34.1 – CNC foi iniciado logo numa primeira fase de planeamento, com o intuito de distinguir e classificar as atividades executadas ao longo de uma mudança de referência. Para tal, recorreu-se a filmagens dos quatro processos, cronometragens de tempos e entrevistas com os operadores da máquina. A partir dos dados e filmagens obtidas através destes procedimentos, foram elaboradas oito tabelas, apresentadas no Anexo D, cada uma correspondendo ao trabalho executado por cada operador e em função do tipo de processo de mudança efetuado. As tabelas descrevem, sequencialmente, as operações desempenhadas, o tempo no vídeo correspondente, o tempo e tipo de cada atividade e o modo de execução. De seguida, e com base nas tabelas, são descritos e analisados sucintamente cada um dos quatro processos de mudança de referência.

É de salientar que os tempos determinados e explicitados nos gráficos presentes na Figura 19 até à Figura 22 correspondem ao tempo de mudança de referência entre a última peça com qualidade da ordem de produção anterior e a primeira peça com qualidade da ordem seguinte. Como tal, as atividades e respetivo tempo que integram os processos de mudança de referência não abrangem as atividades externas que são executadas com a máquina em funcionamento.

- **Mudança de referência entre produção normal**

O processo de mudança de referência entre produtos correspondentes a portas e/ou gavetas de referências distintas é o mais simples e menos demorado. Este processo é normalmente executado por dois operadores, embora não exista uma definição da sequência das atividades que ambos devem executar nesse intervalo de tempo.

De acordo com o procedimento de mudança de referência visualizado no vídeo e apresentado na Tabela 6 e Tabela 7 do Anexo D, determinou-se o tempo de paragem da máquina decorrente desta mudança tendo em consideração o trabalho desempenhado por dois operadores (Figura 19).



Figura 19 – Tempo de mudança de referência entre produção normal

Após a produção da última peça com qualidade da ordem de produção anterior, procede-se à paragem da máquina e inicia-se a limpeza automática das mesas. Esta atividade é realizada através de um sistema de aspiração incorporado na máquina que permite limpar superficialmente as mesas. Devido à grande quantidade de sujidade resultante da fresagem, recorre-se também à limpeza manual das mesas utilizando uma pistola de ar comprimido.

De seguida, ajusta-se a posição das borrachas, que estão colocadas nas mesas, de acordo com as dimensões das peças da ordem de produção seguinte. As borrachas têm como função vedar o espaço correspondente ao tamanho das peças, de forma a restringir a passagem de ar entre as ranhuras existentes nas mesas. O vácuo criado, resultante das válvulas de sucção integradas nestas, assegura a fixação das peças.

Posteriormente, o operador necessita de carregar os dados do *software alpha cam* para o computador da CNC, iniciando-se, automaticamente, o abastecimento das mesas. Para completar o processo, procede-se à maquinagem das peças da mesa Y, sendo feita a sua verificação e se necessário, sendo ajustadas as cotas ou as fresas. A seguir à repetição destas últimas três atividades na mesa V, e caso não seja necessário proceder a mais nenhum ajustamento, retira-se a 1ª Peça OK (designação utilizada na PFF para a primeira peça produzida com qualidade) de uma das mesas e executa-se o controlo dimensional e visual da mesma.

- **Mudança de referência entre produção normal e vitrines**

O tempo de duração do processo de mudança de referência entre produção normal e vitrines, apresentado na Figura 20, é mais longo em comparação com o processo anterior, pois envolve a realização de outras atividades mais complexas e que ocupam um intervalo de tempo maior.

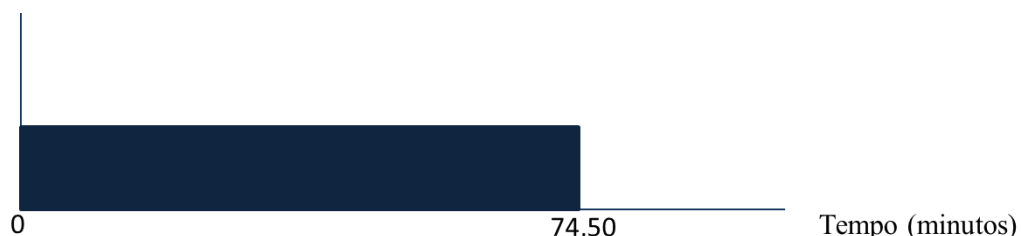


Figura 20 – Tempo de mudança de referência entre produção normal e vitrines

Tal como acontece no processo anterior, e analisando a Tabela 9 do Anexo D, este é iniciado com a limpeza automática e manual das mesas, executada pelo operador 2. Quando é terminada a limpeza das mesas, ajusta-se a posição das borrachas nas mesas de acordo com a

dimensão dos moldes. Para a produção de vitrines é necessário utilizar moldes que já têm integradas as formas das peças a produzir e as borrachas nas quais estas vão ser fixas.

De seguida, e analisando a Tabela 8 do Anexo D, são ajustadas e aparafusadas as guias às mesas que funcionam como pontos de localização da posição dos moldes. A partir do momento em que as guias estão aparafusadas, segue-se o ajuste e aparafusamento dos moldes às mesas, sendo as atividades subsequentes iguais às atividades executadas no processo anterior, desde o envio do programa para a CNC até ao controlo dimensional e visual da 1ª Peça OK.

- **Mudança de referência entre vitrines e produção normal**

No procedimento de mudança de referência entre vitrines e produção normal considerou-se a situação que origina o maior tempo de mudança, descrita na Tabela 10 e Tabela 11 do Anexo D. Este cenário ocorre quando o número de peças da ordem de produção anterior não é múltiplo de oito. Consequentemente, os moldes que não vão ser utilizados são desaparafusados e procede-se à maquinação das últimas peças da ordem de produção anterior que são colocadas e retiradas da mesa manualmente. Quando esta atividade termina, retiram-se os restantes moldes.

Após o conjunto de atividades descrito estar finalizado, as guias também são desaparafusadas e retiradas, iniciando-se, posteriormente, a limpeza automática da máquina e a limpeza manual das mesas e das válvulas de sucção. Como de seguida será produzida uma referência correspondente a produção normal, o procedimento é o mesmo do processo de mudança de referência entre produção normal, inclusive o ajustamento da posição das borrachas nas mesas de acordo com a referência a produzir até à execução do controlo da 1ª Peça OK.

A duração da mudança de referência é bastante menor quando comparado com o tempo de mudança entre produção normal e vitrines, devido ao facto das atividades correspondentes às guias e moldes deste procedimento serem relativamente mais simples e rápidas (Figura 21).

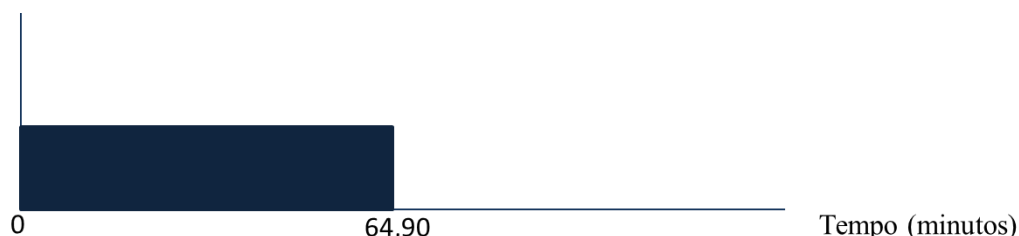


Figura 21 – Tempo de mudança de referência entre vitrines e produção normal

- **Mudança de referência entre vitrines**

A duração da mudança de referência relativa à produção de vitrines, Figura 22, é a mais longa, sendo considerado o principal ponto crítico da produção na máquina e, consequentemente, o principal alvo de estudo do projeto.

A mudança de produto, retratada na sequência de atividades na Tabela 12 e Tabela 13 do Anexo D, inicia-se com a situação apresentada no processo antecedente, desde a maquinação das últimas peças que restaram da ordem de produção anterior até à limpeza das válvulas de sucção. Quando termina esta atividade, o processo segue o conjunto de operações relativas à mudança de referência entre produção normal e vitrines, continuando com a colocação e aparafusamento dos moldes até à execução do controlo da 1ª Peça OK.



Figura 22 – Tempo de mudança de referência entre vitrines

Para além da definição do tempo de mudança de referência e da descrição sucinta de cada processo, apresentam-se no Anexo E os fluxogramas dos quatro tipos de processos de mudança de referência de acordo com a sequência de atividades que devem ser realizadas nos mesmos.

3.4 Diagnóstico do Processo de Mudança de Referência

Neste capítulo são identificados e analisados os problemas existentes no processo de mudança de referência, que serão alvo das soluções propostas ao longo da implementação da ferramenta SMED.

Numa primeira análise relativa aos quatro tipos de processos de mudança de referência, verifica-se a falta de organização e definição das atividades que devem ser executadas por parte dos operadores, sendo perceptível que o agrupamento e sequenciamento correto das atividades por cada operador traria grandes benefícios em termos de produção. Essa alteração, além de melhorar a organização e distribuição das atividades, permite a redução do tempo de mudança de referência e, conseqüentemente, o aumento da disponibilidade dos operadores para a realização de outras operações necessárias na máquina e a possibilidade de se refletir num aumento da produção.

A análise e estudo mais aprofundados dos problemas referentes ao processo de mudança de referência teve início com a identificação do conjunto de atividades que constitui a mudança de produto entre vitrines, visto ser o processo de *setup* crítico e mais demorado na máquina CNC. Quando a definição das atividades e respetivos tempos ficou concluída procedeu-se à sua comparação, de forma a determinar quais as operações críticas do processo. Através da observação dos tempos correspondentes a cada operação, conclui-se, de imediato, que as atividades que só podem ser realizadas com a máquina parada (internas) são as que ocupam a maior percentagem do tempo total de mudança de referência entre vitrines. Nestas atividades seria essencial pensar em soluções que tivessem como consequência uma redução significativa do tempo de cada atividade e, em simultâneo, a simplificação da execução da mesma.

A operação de ajuste e aparafusamento dos moldes à mesa destaca-se relativamente às restantes por preencher uma elevada percentagem de tempo, aproximadamente, 26,4% (35,33 minutos) do tempo total do processo (84,95 minutos), sendo como tal cuidadosamente analisada. O molde é fixado à mesa por vácuo, criado pelas válvulas de sucção, e por intermédio de parafusos. Estes parafusos são roscados numa peça de encaixe, que está integrada nas ranhuras da mesa de trabalho, como se pode visualizar na Figura 23, podendo ser movimentada para posicionar o molde no local desejado. Uma vez que para a fixação de um molde são necessários 4 parafusos, e cada mesa é constituída por 8 divisórias (ou seja, capacidade para 8 moldes), a atividade integra o ajuste e aparafusamento de 16 moldes (2 mesas), ou seja, 64 parafusos, justificando-se o elevado tempo correspondente a esta atividade.

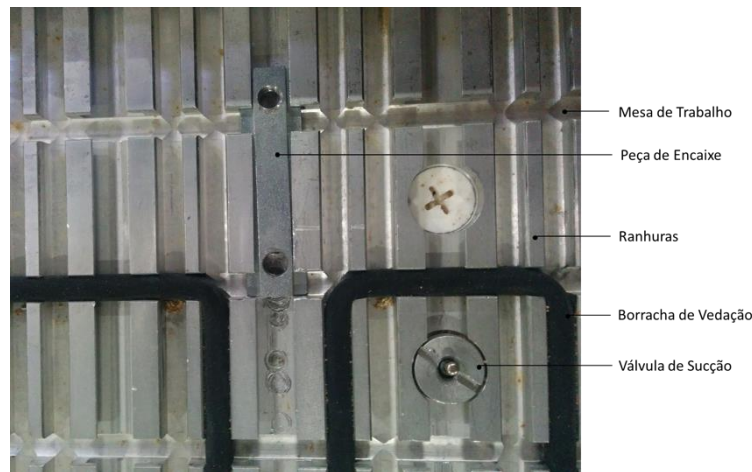


Figura 23 – Mesa de trabalho da máquina CNC

O problema poderá ser solucionado através da alteração do modo de fixação dos moldes à mesa. Como o ajuste da posição da peça de encaixe e o aparafusamento dos moldes são as tarefas que condicionam a atividade, estas poderiam ser eliminadas e substituídas por um modo de fixação e aperto rápido dos moldes nas mesas de trabalho. A Figura 52 do Anexo G expõe, de forma clara, a disposição e o modo de fixação atual dos moldes numa das mesas de trabalho.

A operação de limpeza das válvulas de sucção é a segunda atividade mais demorada do processo de mudança de referência entre vitrines, representando um tempo elevado, 22,17 minutos (16,5%) quando comparado com o tempo total do processo, 84,95 minutos. Ao longo de uma ordem de produção de vitrines, a peça é fixada ao molde por vácuo, criado entre válvulas de sucção integradas na mesa e a peça, através de diversos furos existentes no molde que permitem a passagem do ar, sendo estes evidenciados no molde apresentado na Figura 53 do Anexo G com o auxílio da ferramenta 3D *SolidWorks*.

Devido à elevada profundidade que a fresa atinge na operação de maquinagem de vitrines, a quantidade de sujidade criada é muito superior em comparação com a sujidade resultante da produção normal de portas e gavetas. A elevada quantidade de sujidade aliada à existência dos vários furos nos moldes provoca a passagem da maior parte do serrim para a mesa de trabalho, sempre que ocorre o processo de fresagem das peças. Consequentemente, e como representado na Figura 24, sucede-se a obstrução das válvulas e a acumulação de camadas de serrim nas ranhuras das mesas, provocando instabilidade na fixação dos moldes e a possibilidade de ocorrência de defeitos nas peças.

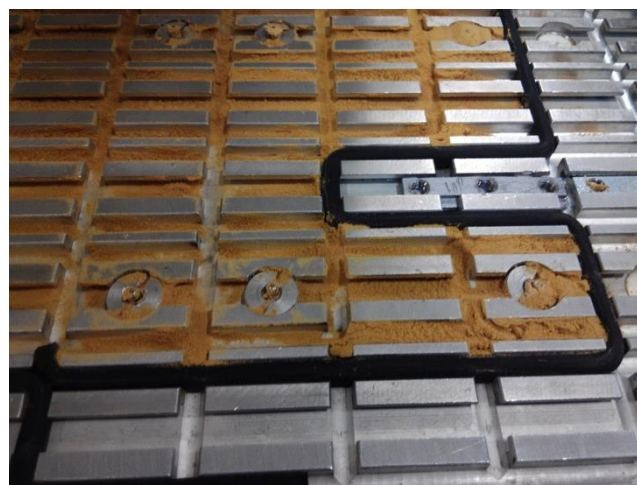


Figura 24 – Obstrução das válvulas de sucção da mesa de trabalho

Além destas consequências, por vezes, é necessário parar a máquina no decorrer de uma ordem de produção, tendo que se retirar as peças, desaparafusar os moldes, e limpar as mesas e as válvulas, provocando atrasos na produção.

Adicionalmente, o conjunto de operações que iniciam o processo de mudança de referência entre vitrines, que correspondem ao final da ordem de produção do lote anterior e que só se verificam quando o número de peças não é múltiplo de 8, também representa um acréscimo no tempo de mudança que pode ser evitado. Para esta situação é necessário desaparafusar e retirar os moldes que não vão ser utilizados pois, caso contrário, ocorre a perda de rendimento e pressão do sistema de vácuo, consequentes da passagem de ar nos furos que não têm peças na superfície superior. A possibilidade de comprometer a fixação das peças também é elevada. Por forma a resolver esta sucessão de problemas, idealizou-se a possível implementação de válvulas nos próprios moldes.

A descrição das situações e análise dos problemas referidos até ao momento no presente capítulo e relativos ao processo de mudança de referência entre vitrines, também ocorrem ao longo dos restantes processos de mudança de referência que envolvem a produção de vitrines e, consequentemente, a utilização de moldes. Deste modo, as soluções que serão propostas e implementadas permitirão reduzir o tempo de mudança de referência das mesmas.

Relativamente à observação do processo de mudança de referência entre produção normal e vitrines e ao tempo de cada atividade, conclui-se que, além das atividades de ajuste a aparafusamento dos moldes e limpeza das válvulas de sucção, a atividade de ajuste a aparafusamento de guias ocupa o terceiro maior tempo no processo. Embora esta atividade seja mais rápida que a colocação dos moldes, é necessário recorrer ao aparafusamento de 96 parafusos no total das 2 mesas. Caso fosse implementado um sistema de aperto rápido nas guias, esta tarefa seria bastante simplificada além de diminuir drasticamente o tempo associado. A Figura 52 do Anexo G, além de evidenciar o modo de fixação dos moldes também apresenta o modo de fixação das guias numa das mesas de trabalho.

A quarta e última atividade interna que se destaca pelo seu elevado tempo de execução, nos processos de mudança entre produção normal, entre produção normal e vitrines e entre vitrines e produção normal, é o ajuste da posição das borrachas de vedação nas mesas, de acordo com as dimensões da peça e do molde. A observação deste procedimento revelou a utilização indevida de borrachas com diferentes comprimentos e diâmetros na vedação de uma peça, apresentados na Figura 54 a) no Anexo G, surgindo, deste modo, descontinuidades ao longo do perímetro formado pelo conjunto das borrachas. As descontinuidades não só comprometem a eficácia da vedação como também dificultam e atrasam a atividade. Este problema é ilustrado também através da Figura 54 b) do Anexo G.

Por fim, constatou-se que as atividades de colocação e recolha dos moldes no móvel de armazenamento demoravam mais tempo que o esperado devido à falta de organização e identificação destes nas prateleiras, ocorrendo, por vezes, a colocação de um molde na mesa de trabalho que não correspondia à referência a produzir. A desorganização do móvel pode ser constatada na Figura 55 do Anexo G. A não existência de localização fixa, organização e identificação também é evidenciada para os materiais de apoio ao processo de mudança de referência e para as borrachas, encontrando-se ilustrada na Figura 56 do Anexo G.

Para resolver este problema é ideal recorrer à utilização da ferramenta *Lean 5S*, abordando conceitos como a triagem, organização, limpeza e disciplina que devem ser executadas e cumpridas de forma contínua ao longo do tempo.

4 Aplicação da Metodologia SMED

No presente capítulo é descrita a aplicação da metodologia SMED com o intuito de desenvolver e implementar soluções que simplifiquem e possibilitem melhorias significativas nas operações inerentes ao processo de mudança de referência e que reduzam substancialmente a sua duração.

4.1 Etapas da Metodologia Aplicada e Considerações

Para conceber a ferramenta SMED foi necessário elaborar um planeamento das etapas sequenciais abordadas ao longo do projeto, tal como apresentado na Figura 25.

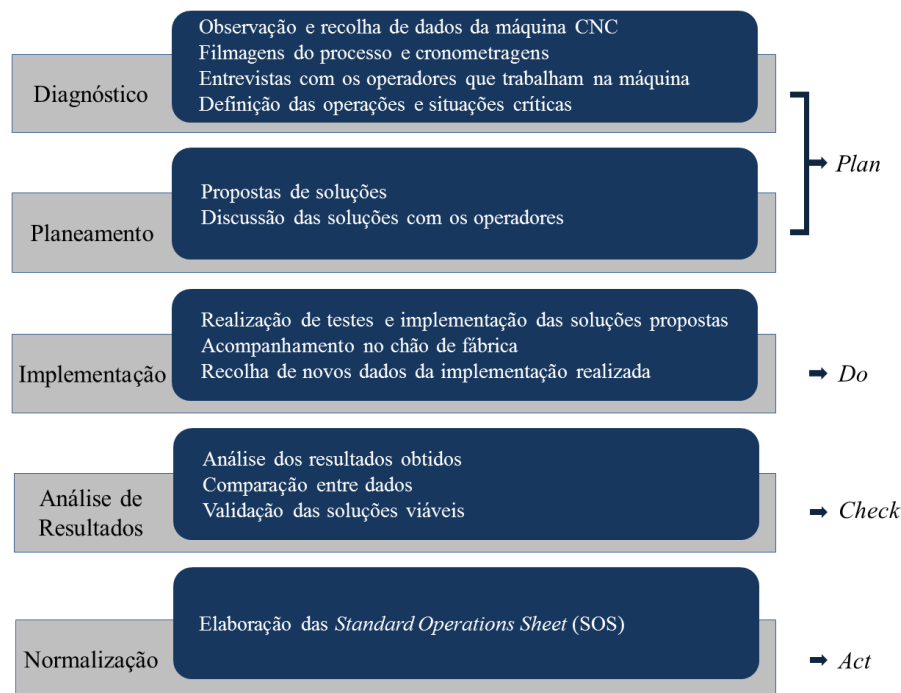


Figura 25 – Etapas da metodologia da ferramenta aplicada

A metodologia seguida para definir as etapas e os requisitos a cumprir na aplicação da ferramenta foi baseada na sequência lógica aplicada na ferramenta *Lean* PDCA.

O desenvolvimento do projeto resulta da cooperação entre o departamento *Lean*, no qual está inserido o projeto, o departamento de segurança e o departamento de processos da PFF, na área de maquinagem, responsável pela máquina CNC.

Ao longo da fase de diagnóstico, verificou-se que as operações que integram cada tipo de processo de mudança de referência são executadas por dois operadores, que podem, ou não, iniciar e terminar as respetivas tarefas ao mesmo tempo. O alteração do número de operadores que realizam a troca de referência foi uma solução colocada de parte desde o início, dado que cada turno é composto apenas por três operadores e, no mínimo, um deles deve continuar a coordenar as restantes três máquinas CNC.

Relativamente aos estágios da ferramenta SMED constatou-se, na fase de planeamento, que a conversão de atividades internas para externas, pertencentes ao segundo estágio do SMED, não pode ser aplicada, uma vez que todas as atividades internas têm que ser executadas nas mesas de trabalho da máquina CNC, tendo esta que estar obrigatoriamente parada. Como tal, o segundo estágio não vai ser considerado na aplicação da ferramenta SMED na redução do tempo de mudança de referência.

A não alteração da conceção do desenho da máquina foi uma condição imposta na fase de planeamento, em acordo com os departamentos pertencentes no desenvolvimento do projeto, embora sejam permitidas alterações no *design* dos acessórios que a constituem.

4.2 Definição das Atividades Internas e Externas

Apesar de, em função das referências produzidas, o conjunto de atividades ser diferente para cada um dos processos de mudança de referência, existe uma sequência lógica de estágios e etapas comum, a partir da qual todas as análises são feitas, iniciando-se com a definição das atividades internas e externas correspondentes a cada processo. Para obter essa definição, são necessários realizar três procedimentos: filmagens da execução dos processos, cronometragens de tempos que não ficaram determinados a partir das filmagens e entrevistas aos operadores com o objetivo de clarificar e compreender os procedimentos e acrescentar possíveis operações que não tenham sido contabilizadas.

O desenvolvimento da aplicação da metodologia SMED iniciou-se a partir de um conjunto de tabelas representativas do detalhe de cada tipo de processo que podem ser consultadas no Anexo D. Assim, é pretendido que, a partir das tabelas apresentadas, cada tipo de processo obtenha a informação necessária à definição das atividades internas e externas, inclusive o tempo respetivo, calculado a partir da adição dos vários tempos que formam um conjunto de operações atribuído a uma atividade.

- **Mudança de referência entre produção normal**

As atividades e tempos respetivos definidos para o processo de mudança de referência entre produção normal foram inseridos num gráfico de barras, Figura 26, de forma a obter uma melhor visualização e comparação dos tempos entre si e determinar quais os pontos críticos nos quais se deve atuar.

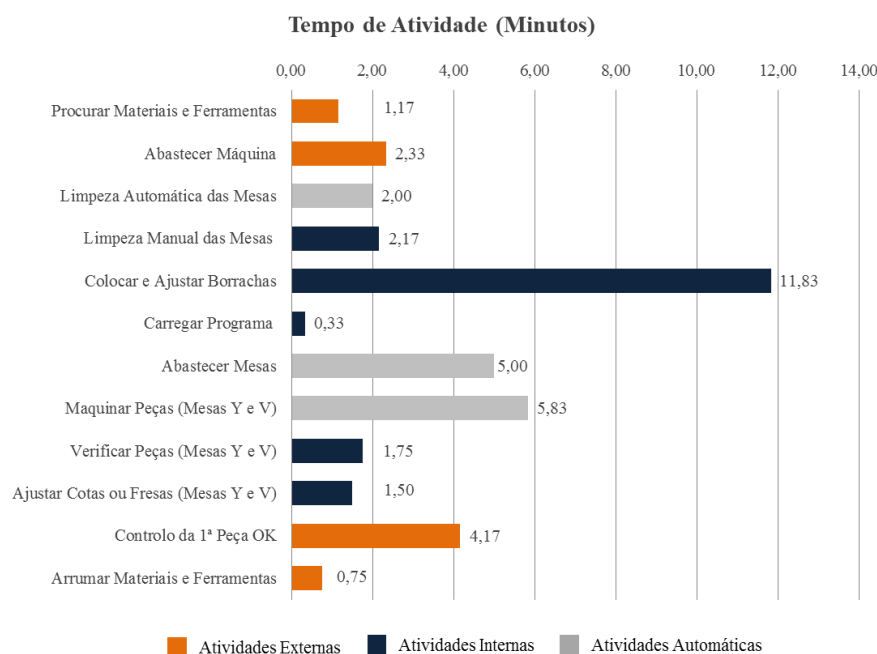


Figura 26 – Atividades e tempos da mudança entre produção normal

Quando identificadas as atividades que integram o processo, é necessário separá-las em função do tipo de atividade a que pertencem. Em relação a este processo, determina-se que as atividades “Procurar Materiais e Ferramentas” e “Abastecer Máquina” são executadas antes da paragem da máquina e que as atividades “Controlo da 1ª Peça OK” e “Arrumar Materiais e Ferramentas” são efetuadas após a paragem da máquina, denominando-se no seu conjunto

como atividades externas. As restantes atividades concretizadas quando a máquina se encontra parada são denominadas como atividades internas.

- **Mudança de referência entre produção normal e vitrines**

A mudança de referência entre produção normal e vitrines comporta um conjunto de atividades de maior dimensão e com tempos mais elevados quando comparada com a mudança de referência entre produção normal. Ao observar a Figura 27, conclui-se que as atividades de maior duração são aquelas que recorrem ao ajuste a aparafusamento das guias e moldes às mesas, sendo estas definidas como atividades internas o que provoca uma paragem bastante elevada.

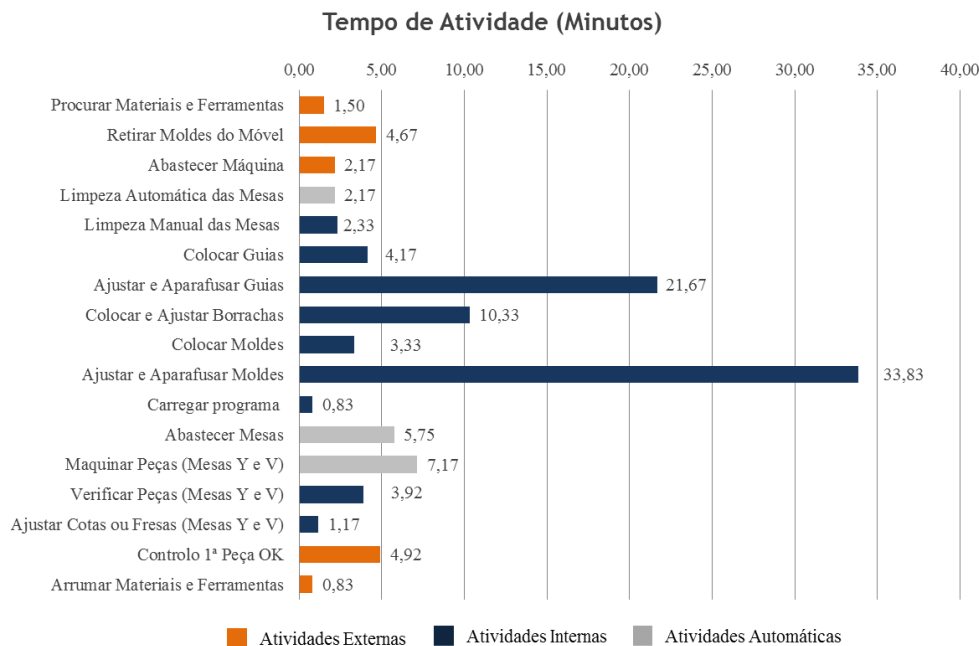


Figura 27 – Atividades e tempos da mudança de referência entre produção normal e vitrines

As atividades que devem ser executadas com a máquina em funcionamento, externas, correspondem a “Procurar Materiais e Ferramentas”, “Retirar Moldes do Móvel”, “Abastecer Máquina”, “Controlo 1ª Peça OK” e “Arrumar Materiais e Ferramentas”, sendo as duas últimas desempenhadas depois da paragem da máquina.

- **Mudança de referência entre vitrines e produção normal**

Na mudança de referência entre vitrines e produção normal, como pode ser visualizado na Figura 28, verifica-se que as atividades de desaparafusamento dos moldes e das guias, a limpeza das válvulas e a colocação e ajuste das borrachas apresentam tempos bastante longos comparando com a maior parte das atividades. A elevada quantidade de acumulação de serrim nas mesas, ao longo da produção de vitrines, provoca a necessidade de uma limpeza exaustiva das válvulas de sucção, representando a atividade mais demorada.

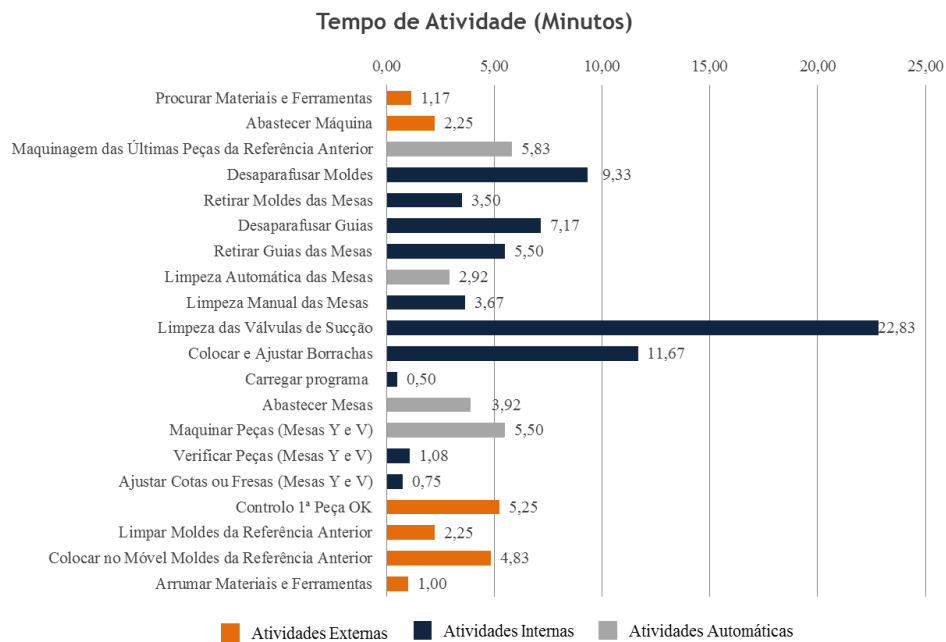


Figura 28 – Atividades e tempos da mudança de referência entre vitrines e produção normal

As atividades de “Procurar Materiais e Ferramentas” e “Abastecer Máquina” são classificadas como externas, ocorrendo antes da paragem da máquina, enquanto que “Limpar Moldes da Referência Anterior”, “Colocar no Móvel Moldes da Referência Anterior”, “Controlo 1ª Peça OK” e “Arrumar Materiais e Ferramentas” são consideradas atividades externas que devem ser realizadas após a paragem da máquina. As restantes atividades e as mais demoradas, consequentemente, representam as atividades internas.

• Mudança de referência entre vitrines

As atividades e os tempos respetivos da mudança de referência entre vitrines encontram-se representadas na Figura 29. Da mesma forma que na mudança entre produção normal e vitrines, as atividades “Procurar Materiais e Ferramentas”, “Abastecer Máquina” e “Retirar Moldes do Móvel” devem ser executadas antes da paragem da máquina, enquanto que as últimas quatro da legenda do gráfico devem ser realizadas após a paragem.



Figura 29 – Atividades e tempos da mudança de referência entre vitrines

É de realçar que as atividades representadas da Figura 26 à Figura 29 foram apresentadas pela ordem que deveriam ser exercidas caso o processo de mudança fosse desempenhado por 1 operador.

4.3 Realocação das Atividades

A importância do Estágio 1 para o desenvolvimento da metodologia SMED está associada à definição e separação das atividades internas e externas, ocorrendo posteriormente, a passagem das externas para antes ou após a paragem da máquina.

A movimentação das atividades externas para antes ou após a paragem da máquina não é, no entanto, um procedimento tão linear como aparenta ser. No caso do conjunto de atividades de um dos processos ser desempenhado apenas por 1 operador, e não existirem operações realizadas automaticamente pela máquina, o procedimento a realizar seria o descrito, com as atividades externas sendo executadas com a máquina em funcionamento. No entanto, esta situação não se verifica, sendo o conjunto de atividades, pertencentes a cada um dos quatro processos, concretizado por 2 operadores e ocorrendo operações que são realizadas automaticamente pela máquina, como o abastecimento das mesas da CNC e a maquinaria das peças.

A solução encontrada e desenvolvida para reduzir o intervalo de tempo de mudança de referência passa por realocar as atividades a cada operador de forma sequencial, tendo em consideração a automatização da máquina e o tipo de processo e, como prioridade, a não afetação da duração das atividades externas no tempo de paragem. Além desta consideração inicial, definiu-se que os operadores podem não iniciar ou terminar as atividades respetivas ao mesmo tempo.

Um conjunto de esquemas representativos da realocação das atividades para cada tipo de processo de mudança de referência foi desenhado para servir de suporte à compreensão da sua distribuição, podendo ser consultado no Anexo F.

- **Mudança de referência entre produção normal**

De acordo com a realocação sugerida para a mudança de referência entre produção normal, verifica-se, a partir da Tabela 2 que é possível obter uma redução de apenas 9,2% (2,38 minutos) no tempo da sequência inicial de operações. A pequena redução de tempo obtida pode estar relacionada com o reduzido número de atividades que este tipo de processo contém, comparado com os restantes tipos de processos, e a simplicidade de cada tarefa.

Tabela 2 – Redução do tempo de mudança de referência entre produção normal após realocação

Mudança de Referência	Tempo (Minutos)
Inicial	25,80
Proposta	23,42
Redução de Tempo	2,38

Além da redução de tempo determinada, conclui-se, pelos dados da realocação no Anexo F1 e da situação inicial na Tabela 6 do Anexo D, que o operador 1 termina a execução das atividades que lhe foram atribuídas 21,27 minutos mais cedo. Embora o operador 1 termine com antecedência em relação ao operador 2, verifica-se a não execução das atividades de forma contínua ao longo do tempo, enquanto que com a solução atualmente definida, consegue ficar disponível mais cedo, podendo desempenhar funções necessárias nas restantes máquinas. Através da situação inicial descrita na Tabela 7 do Anexo D e a mesma realocação, o operador 2 inicia o trabalho que lhe foi atribuído 2,34 minutos mais cedo e termina 3,22 minutos mais tarde. Além desta constatação, verifica-se que o fluxo de operações atribuído ao

operador 2 apresenta um tempo de espera de 0,50 minutos e outro correspondente à soma do tempo de maquinagem das peças em cada mesa, não existindo nenhuma atividade que possa ser realizada nesses intervalos de tempo.

- **Mudança de referência entre produção normal e vitrines**

Considerando o procedimento seguido no processo de mudança anterior, foi criada uma realocação das atividades que constituem o processo de mudança entre produção normal e vitrines, evidenciada no Anexo F2. A partir do esquema de realocação consegue-se definir um novo intervalo de tempo entre a produção da última peça boa da ordem anterior e a primeira peça boa da ordem seguinte, obtendo-se uma redução entre o inicial e o atual de 21,03%, correspondente a 15,67 minutos, como apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Redução do tempo de mudança de referência entre produção normal e vitrines após realocação

Mudança de Referência	Tempo (Minutos)
Inicial	74,50
Proposta	58,83
Redução de Tempo	15,67

Ao avaliar o esquema da realocação é possível deduzir que as atividades externas no seu conjunto são desempenhadas antes e após a paragem da máquina, em simultâneo com a limpeza automática e quando não existem outras atividades a realizar no momento. Ao comparar o processo atual com o descrito inicialmente na Tabela 8 do Anexo D, conclui-se que o operador 1 começa 19,42 minutos mais tarde e finaliza 12,37 minutos mais tarde. Mais uma vez, o operador 1 não apresenta tempos de espera entre atividades. No entanto, comparando a realocação com a situação inicial da Tabela 9 do Anexo D, o operador 2 apresenta um tempo total de espera de 0,17 minutos mais o tempo correspondente à maquinagem das peças. A execução do conjunto de atividades pelo operador 2 arranca 0,33 minutos depois e é completada 12,34 minutos mais cedo.

- **Mudança de referência entre vitrines e produção normal**

A realocação das atividades do processo de mudança de referência entre vitrines e produção normal, desenvolvida e apresentada no Anexo F3, tem início com a procura dos materiais e ferramentas, sendo esta realizada pelo operador 1 enquanto a máquina ainda se encontra em funcionamento. A realocação do processo é finalizada com a arrumação dos mesmos por parte do operador 2 já com a máquina novamente em funcionamento, obtendo-se uma redução correspondente a 24,1% (15,65 minutos) no tempo total inicial, determinada a partir dos valores da Tabela 4.

Tabela 4 – Redução do tempo de mudança de referência entre vitrines e produção normal após realocação

Mudança de Referência	Tempo (Minutos)
Inicial	64,90
Proposta	49,25
Redução de Tempo	15,65

Os operadores 1 e 2 apresentam um fluxo contínuo na sequência de execução das atividades, exceto quando ocorrem operações automáticas desempenhadas pela máquina. Nestas ocasiões, os operadores não têm nenhuma atividade para cumprir, podendo assim realizar outras funções nas restantes três máquinas. Relativamente ao tempo total de trabalho, o operador 2 inicia 1,17 minutos mais tarde e termina 14,48 minutos mais cedo, conforme pode

ser constatado pela comparação entre a presente realocação e a situação inicial descrita na Tabela 11 do Anexo D.

- **Mudança de referência entre vitrines**

O tempo de mudança de referência entre vitrines, determinado após a realocação, continua a ser o mais elevado dos quatro tipos de processos, conseguindo-se obter, contudo, uma percentagem de redução de 20,2% (17,12 minutos) do tempo inicial do processo (ver Tabela 5). Ao comparar os dados da realocação do Anexo F4 com os dados da situação inicial da Tabela 12 do Anexo D, o operador 1 inicia a primeira atividade 2 minutos depois, começando por desaparafusar os moldes da mesa de trabalho Y, e completa as atividades que lhe foram atribuídas 1,50 minutos mais tarde, com a limpeza dos moldes da referência produzida. O operador 2 termina o respetivo trabalho 14,64 minutos mais cedo com a arrumação dos materiais e ferramentas utilizadas (consultar Anexo F4 e Tabela 13 do Anexo D).

Tabela 5 – Redução do tempo de mudança de referência entre vitrines após realocação

Mudança de Referência	Tempo (Minutos)
Inicial	84,95
Proposta	67,83
Redução de Tempo	17,12

O método de realocação baseou-se na implementação de atividades em paralelo. Devido ao facto da maior parte das operações existirem em duplicado nas duas mesas de trabalho (Y e V), e apresentarem exatamente as mesmas características e modos de procedimento na execução das atividades, implementou-se, no desenvolvimento da realocação, a realização das mesmas em simultâneo, cada uma atribuída a cada operador. Assim, nesta situação, dividiu-se o tempo total da atividade em dois, uma parte do tempo correspondendo ao trabalho desempenhado na mesa Y e a outra parte ao trabalho desempenhado na mesa V.

Ao executar as atividades que são realizadas nas duas mesas em simultâneo é possível conseguir uma maior rapidez e simplificação na sua realização, uma redução do tempo total do processo e evitar a ocorrência de tempos de espera entre eles.

4.4 Melhoria das Operações

No âmbito da melhoria das operações, correspondente ao estágio 3 da metodologia SMED, esta etapa permite e tem como objetivo analisar cada atividade, simplificando o seu procedimento, reduzindo o seu tempo e, por conseguinte, o tempo global do processo.

A realocação das atividades e resultados obtidos visam reduzir o tempo total do processo de mudança de referência, enquanto que a melhoria de cada operação das atividades tem como intuito reduzir o tempo que lhe é atribuído, o que se traduz numa redução do tempo total.

No início da fase de planeamento, após a recolha dos dados, a perceção das operações que ocupavam a maior percentagem do tempo global de cada processo foi imediata, verificando-se que as ações a tomar deveriam incidir, principalmente, na otimização do mecanismo do procedimento dessas atividades críticas.

Ao considerar as reduções de tempo obtidas com as realocações, e comparando-as com os tempos totais dos processos, é possível constatar que a solução de realocamento não conduz nem a resultados significativos, nem aos pretendidos. Como tal, decorreu em primeiro lugar a proposta de soluções para as atividades internas críticas do processo de mudança de referência entre vitrines, que é o mais demorado. No entanto, é demonstrado que as atividades críticas deste processo são as mesmas para o processo de mudança entre produção normal e vitrines e para o processo contrário.

4.4.1 Atividades Internas

A atividade que se destaca, engloba um conjunto de operações que define a fixação dos moldes nas mesas de trabalho e apresenta o maior tempo, 35,33 minutos, no processo de mudança de referência entre vitrines. Logo de seguida, salienta-se a atividade de limpeza das válvulas de sucção e a atividade de desaparafusamento dos moldes, com tempos de 22,17 e 9,75 minutos, respetivamente. As propostas apresentadas são referentes a estes três pontos abordados, aliados à atividade de colocação e ajuste da posição das borrachas

- **Incorporação de válvulas nos moldes**

A partir da sucessão de efeitos e problemas descritos no diagnóstico, foi idealizada a possível implementação de válvulas nos próprios moldes. A solução apresentada envolve a utilização do molde atual, com as mesmas dimensões (900x600x19 mm) e características de corte. No entanto, o material do molde será *valchromat* em substituição do MDF devido às suas propriedades mecânicas, tais como elevada densidade (740-850 kg/m³), resistência à flexão e coesão que confere uma maior resistência mecânica. Além desta alteração, os vários furos existentes nas superfícies do molde serão substituídos por válvulas de sucção, roscadas nesses mesmos locais. Estas válvulas apresentam as mesmas características e funcionamento das válvulas que permanecem integradas nas mesas de trabalho.

Após a ocorrência da fresagem de um conjunto de oito peças numa mesa, estas são retiradas pelo robô e, simultaneamente, verifica-se o retorno à posição natural de fecho das válvulas (ver Figura 30), o que provoca a expansão da mola obrigando a haste interior a subir, vedando o mecanismo e a passagem de ar. A partir deste conjunto de movimentos, sucede-se a obstrução da passagem de grandes quantidades de serrim, resultantes da fresagem a elevada profundidade, para a mesa de trabalho, sendo o serrim aspirado pelo sistema de extração incorporado na árvore de fresagem da máquina, no fim da fresagem de cada mesa.

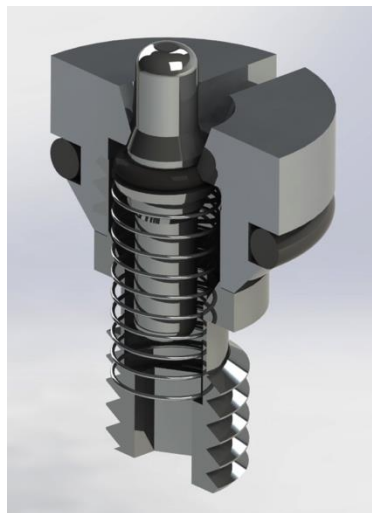


Figura 30 – Representação em corte da válvula de sucção

Para além desta vantagem, verifica-se a eliminação das atividades de colocação das peças nos moldes manualmente e maquinagem e recolha das peças fresadas, referentes às últimas peças do lote da ordem de produção anterior. Com a substituição dos furos pelas válvulas não ocorre a perda de rendimento e pressão do sistema de vácuo através dos moldes que não são utilizados.

A eliminação da atividade de limpeza das válvulas de sucção, devida à redução da quantidade de serrim acumulada no interior destas, e a eliminação das paragens da máquina no decorrer da produção, também são benefícios que provêm da implementação desta solução.

- **Alteração do modo de fixação dos moldes**

A melhoria proposta para combater o elevado tempo de ajuste e aparafusamento do molde e, consequentemente, o seu desaparafusamento, baseou-se no desenvolvimento de um modo de fixação e aperto rápido que permita obter uma eficácia igual ou superior ao modo de fixação atual e uma eliminação dos ajustes necessários ao posicionamento do molde na mesa através da peça de encaixe. Para tal, será possível aproveitar a localização das guias centrais para implementar este mecanismo.

Atualmente, cada guia central é feita em alumínio e é constituída por três furos roscados com o objetivo de serem aparafusadas às mesas. No entanto, será necessário alterar as dimensões e o formato das 8 guias centrais de cada mesa de forma a funcionarem como modo de fixação dos moldes, que é garantido através dos três parafusos utilizados. Além desta alteração, o material atual da guia será substituído por *celeron*, material de composição polimérica, que apresenta uma elevada resistência ao desgaste e uma menor dureza comparativamente com o alumínio, pois este provoca constantemente marcas nas peças nas deslocações realizadas pelo robô.

Na Figura 31 encontra-se a nova guia, projetada em *Solidworks*, com dimensões e formato definidos.

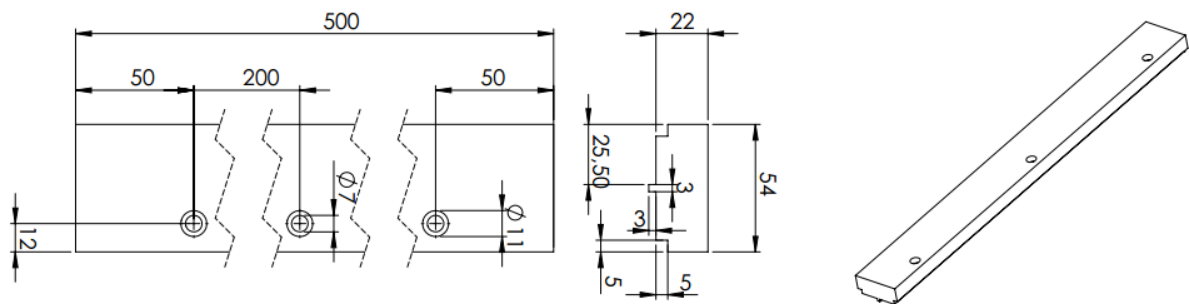


Figura 31 – Representação em 2D da guia projetada

Os 4 moldes colocados na zona posterior de cada mesa serão fixos, individualmente, através da utilização de 2 guias (já pertencentes ao procedimento de mudança de referência atual que envolve a produção de vitrines), sendo apenas necessário alterar o seu formato (Figura 31). O modo de fixação dos 4 moldes posicionados na zona antecedente de cada mesa, será constituído pela guia, que funcionará também de fixação dos moldes localizados na zona posterior, e uma peça. Esta peça, representada em *SolidWorks* na Figura 32, assegura a sua função através do aperto manual de dois parafusos M8.

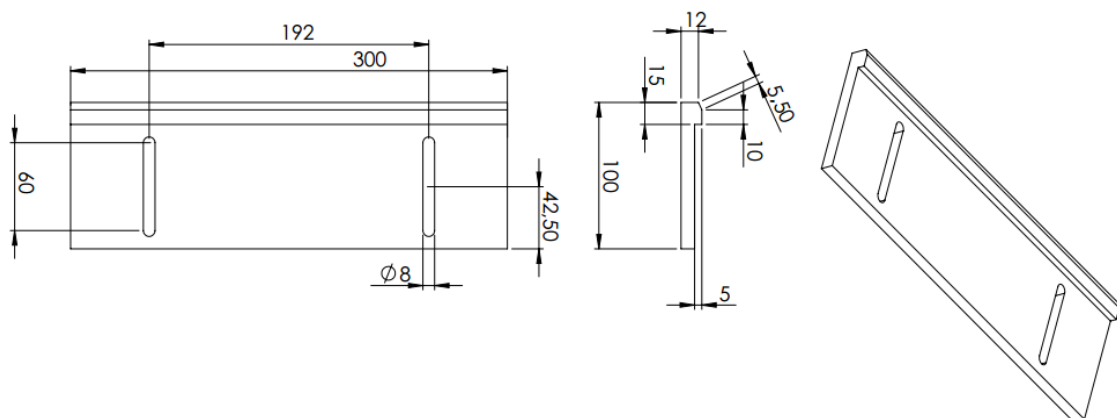


Figura 32 – Representação em 2D da peça de fixação projetada

Cada parafuso é roscado numa peça que desliza na calha incorporada na zona lateral da frente de cada mesa. Na Figura 33 encontra-se representado um esquema no qual é possível

identificar a peça de fixação que é composta pelos dois parafusos M8 roscados nas duas peças, que por sua vez se movimentam no interior da calha. Este sistema estará sempre fixo na mesa, não sendo necessário retirá-lo quando ocorre uma mudança de referência entre vitrines e produção normal ou vice-versa ou entre produção normal.

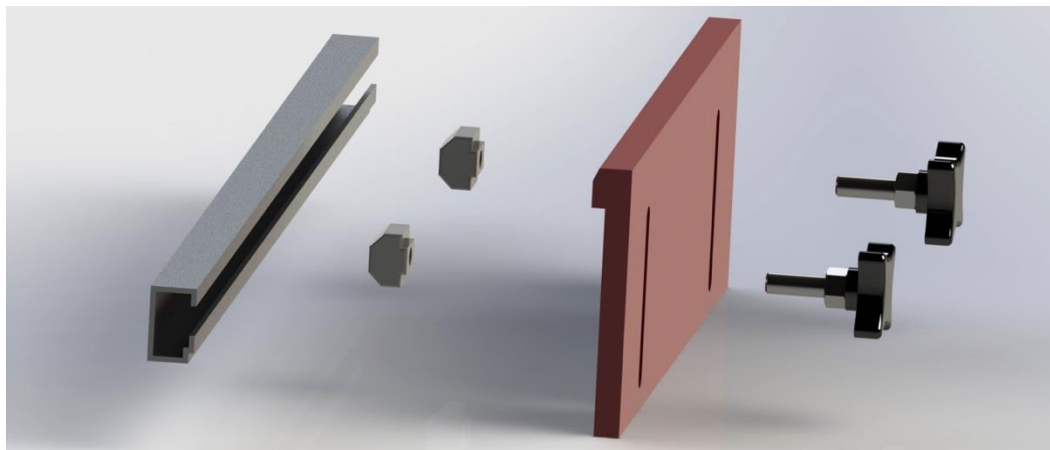


Figura 33 – Representação em 2D do modo de fixação da peça

Para além da alteração do formato das guias centrais das mesas e da conceção da peça de fixação dos moldes, será necessário modificar o comprimento e o formato lateral destes, de modo a ajustarem-se nas zonas de saliências da nova guia e da peça de fixação. No entanto, o conjunto de moldes posicionados na zona antecedente e o outro conjunto da zona posterior de cada mesa terão que apresentar formatos diferentes devido à distinção do modo de fixação que existirá entre eles.

O conjunto de moldes colocados na zona posterior de cada mesa apresentará as dimensões 1022x600x19 mm e o formato esquematizado na Figura 34 através da ferramenta *SolidWorks*.

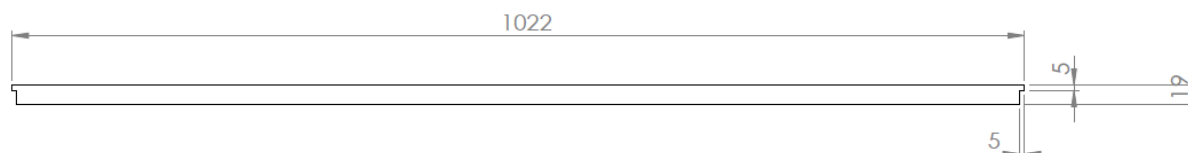


Figura 34 – Representação em 2D do molde colocado na zona posterior da mesa

O conjunto de moldes situados na zona antecedente irá adquirir as mesmas dimensões dos moldes posteriores, variando apenas, de acordo com a Figura 35, o formato de uma das laterais.

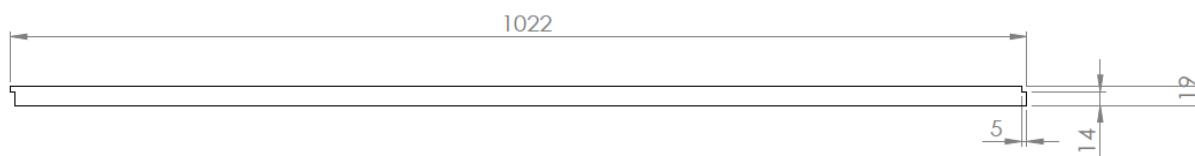


Figura 35 – Representação em 2D do molde colocado na zona anterior da mesa

O resumo do modo de fixação proposto e descrito, com o auxílio da ferramenta *SolidWorks*, encontra-se representado na Figura 36, sendo possível visualizar a ligação e disposição existentes entre os moldes, as guias centrais e a peça de encaixe.

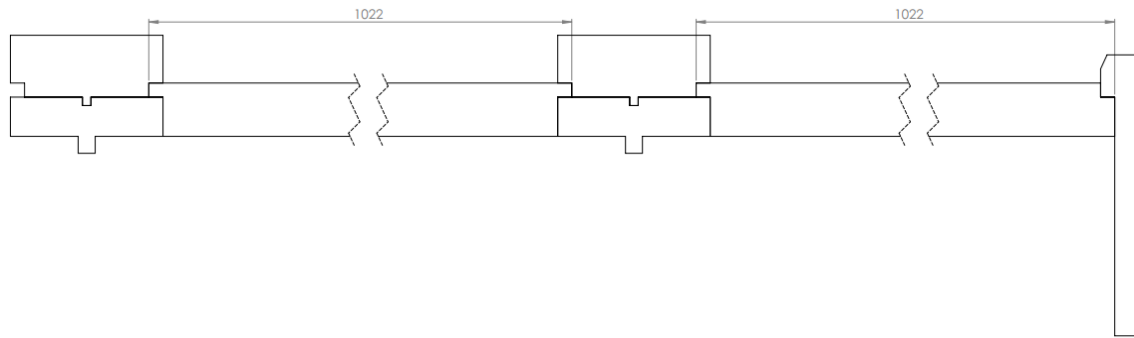


Figura 36 – Esquema representativo da fixação dos moldes

É de referir que a peça localizada por baixo da guia projetada faz parte da mesa de trabalho, sendo nessa peça roscados os três parafusos. Em relação aos moldes, é importante definir que, nesta solução, apenas foi proposta a alteração dos seus formatos laterais, sendo esta complementada com as características apresentadas na solução de incorporação das válvulas.

- **Dimensão fixa para a borracha**

A solução abordada neste ponto é referente à atividade de colocação e ajuste da posição das borrachas nas mesas, de acordo com as dimensões do molde a colocar ou da peça a produzir.

De modo a resolver o problema da indevida utilização de borrachas com diferentes comprimentos e diâmetros na vedação de cada peça ou molde foi proposta a implementação de borrachas com comprimento e diâmetro fixos.

Assim, e segundo a recolha de dados e entrevistas com os operadores, propôs-se a atribuição de um diâmetro de 7 mm para a borracha colocada na mesa e 6 mm para a borracha colocada nos moldes, pois estes valores asseguram uma boa estabilidade e vedação da passagem de ar no espaço delimitado pela borracha e existente entre o molde e a peça, e entre a mesa e a peça ou molde, respetivamente.

Para o comprimento da borracha que é colocada nas mesas comprovou-se que este teria que apresentar o mesmo valor da soma dos vários conjuntos de borrachas que perfazem o perímetro estipulado para o molde, pois é este que expressa o comprimento máximo que se pode verificar entre o total de referências diferentes produzidas na máquina. Como tal, o comprimento proposto para cada borracha, que preencherá as dimensões da peça ou do molde em cada divisória de cada mesa, foi de 3,50 m. No caso de as dimensões das peças serem inferiores ao valor atribuído à borracha, é possível colocar o excesso de borracha resultante ao longo das ranhuras da mesa, não comprometendo o processo de maquinagem.

Com a implementação desta solução é esperado que se verifique uma maior agilidade e facilidade na atividade de colocação das borrachas e uma correta vedação do ar, sendo evitadas paragens a meio de uma ordem de produção e a ocorrência de defeitos nas peças.

4.4.2 Atividades Externas

Algumas melhorias em termos de organização e disposição dos materiais e ferramentas utilizados no processo de mudança de referência podem contribuir para aumentar a eficiência, rapidez e qualidade das atividades externas. A proposta para a implementação de técnicas de melhoria a aplicar em algumas operações externas existentes neste projeto vai de encontro à metodologia da ferramenta 5S.

- **Aplicação da metodologia 5S no móvel de armazenamento dos moldes**

O móvel colocado próximo das mesas de trabalho é constituído por 37 prateleiras e tem como função o armazenamento dos moldes utilizados nos processos de mudança de referência que

envolvem a produção de vitrines. O conjunto de vitrines produzidas na máquina apresenta 49 referências distintas, possuindo cada referência um conjunto de 18 moldes iguais (8 para cada mesa e 2 de reserva). De forma a desenvolver a solução proposta recorreu-se à sua divisão em três etapas, segundo uma ordem sequencial.

- **Triagem**

A colocação de materiais diferenciados no móvel, segundo a necessidade ou proximidade, é uma prática corrente no posto de trabalho. Tratando-se de um móvel com prateleiras definidas apenas para a colocação de moldes, os materiais ou ferramentas que não correspondem a moldes devem ser retirados.

- **Organização**

Esta etapa consiste na arrumação e ordenação dos moldes segundo uma lógica que seja perceptível para os operadores. Em primeiro lugar, como o número de referências é superior ao número de prateleiras disponíveis, estas foram agrupadas segundo o mesmo tipo de molde utilizado, que depende do grupo da família KF a que pertencem e do formato da peça a produzir. Após a definição de 27 grupos, idealizou-se uma disposição de cada grupo segundo o seu nível de uso e produção. Os grupos de referências mais produzidas seriam colocados nas prateleiras mais próximas das mesas de trabalho e os restantes seriam arrumados nas prateleiras mais distantes. Contudo, e após reunião com os operadores, concluiu-se que esta disposição seria mais confusa e de maior probabilidade de ocorrência de erros. Assim, definiu-se que a distribuição dos grupos seria realizada segundo uma ordem crescente dos números das referências pertencentes a cada grupo, começando pela primeira prateleira do móvel.

- **Normalização**

Estabelecendo-se uma lógica de disposição dos moldes, a última etapa implica a identificação de cada grupo de referências e respetiva prateleira em que se encontram. Desta forma recorre-se à marcação de cada molde e à classificação, através de etiquetas, de cada prateleira, com os números do conjunto de referências que são produzidas com o mesmo tipo de molde.

- **Aplicação da metodologia 5S na preparação dos materiais**

À semelhança da aplicação da metodologia 5S no móvel de armazenamento dos moldes, foi proposta a sua utilização na preparação dos materiais utilizados na mudança de referência, sendo consideradas as três etapas utilizadas anteriormente.

- **Triagem**

Os materiais utilizados na mudança de referência, tais como válvulas de sucção, guias, peças para o fecho das válvulas, parafusos, borrachas e bases de moldes, encontram-se colocados em pequenas caixas de cartão sem identificação, localizadas na mesa de apoio existente no móvel.

Inicialmente, será eliminado todo o material colocado nas caixas e que seja desnecessário, como parafusos de diferente normalização, materiais partidos ou peças que já não são utilizadas.

No caso das borrachas, são removidas todas as que apresentem diâmetros diferentes dos estipulados (6 mm para os moldes e 7 mm para as mesas) e comprimentos inferiores ou superiores ao definido (3,50 m).

○ Organização

Como ficaram disponíveis 10 prateleiras após a organização dos moldes no móvel, estas vão ser utilizadas para colocar os materiais necessários aos processos de mudança. Assim, numa prateleira será colocada uma caixa com divisórias contendo válvulas, parafusos, anilhas e peças de fecho das válvulas. Noutra prateleira serão organizadas duas caixas, uma utilizada para colocar a borracha para os moldes e outra para colocar a borracha para as mesas. Das restantes prateleiras, quatro ficarão definidas para a colocação das bases e testes de moldes e as restantes quatro ficaram disponíveis para algum tipo de molde que venha a ser necessário introduzir.

Relativamente às guias, estas serão divididas e colocadas numa banca com prateleiras, localizada junto ao móvel, e de acordo com a mesa de trabalho respetiva. A identificação de cada tipo de material é realizada através de etiquetas posicionadas no respetivo local.

○ Normalização

Após a reunião e aplicação destas três etapas é necessário criar hábito de envolvimento entre os operadores da linha e auto-disciplina, de forma a assegurar que esta prática é mantida nas condições apresentadas e, se possível, melhorada continuamente. É de notar que, comparando com as etapas da metodologia 5S, a fase de limpeza, incluída entre as etapas de triagem e organização não foi efetuada pois, neste caso, não se verifica essa necessidade.

Na Figura 37 é apresentado o esquema representativo do móvel e definido o agrupamento idealizado para as referências de vitrines produzidas na máquina CNC

Ref. 731	Ref. 733	Ref. 831	Ref. 833	Ref. 1139	Ref. 1141	Ref. 1239 1739	Ref. 1241 1741	Ref. 2539 2639 3639	Ref. 2541 2641 3641
Ref. 732	Ref. 734	Ref. 832	Ref. 834	Ref. 1140	Ref. 1142	Ref. 1240 1740	Ref. 1242 1742	Ref. 2540 2640 3640	Ref. 2542 2642 3642

Materiais	Bancada de Apoio			Borrachas	Ref. 4527 4627 4827	Ref. 4529 4629 4829	Ref. 4531 4631 4831		
Bases	Bases	Bases	Bases	Ref. 4526 4626 4826	Ref. 4528 4628 4828	Ref. 4530 4630 4830	Ref. 4532 4632 4832		

Figura 37 – Esquema de organização dos moldes e materiais no móvel

5 Testes, Implementações e Resultados

O presente capítulo tem como objetivo apresentar o impacto da ferramenta desenvolvida nas atividades e tempos dos processos de mudança de referência, sendo evidenciadas as soluções testadas e implementadas na máquina CNC, os resultados obtidos e a normalização e realocação das operações.

5.1 Testes e Soluções Implementadas

Por forma a verificar a viabilidade das soluções relativas à incorporação de válvulas nos moldes, à alteração do modo de fixação dos moldes e à definição de uma dimensão fixa para a borracha, realizaram-se vários testes, os quais foram cronometrados e fotografados.

- **Teste do molde com válvulas de sucção**

Para comprovar que a integração das válvulas nos moldes permite uma redução significativa da quantidade de serrim acumulada nas mesas de trabalho, foi realizada uma ordem de produção de forma a testar a viabilidade da utilização de um molde em *valchromat* com válvulas incorporadas.

Após a ocorrência de duas fresagens da mesa onde se encontra o molde em teste, verificou-se a situação apresentada na Figura 57 a) do Anexo H, sendo possível confirmar que o serrim resultante da fresagem se encontra apenas na superfície superior do molde e no local delimitado pelas borrachas que contornam os desperdícios da peça, não envolvendo o espaço no qual estão incorporadas as válvulas.

Simultaneamente à movimentação, realizada pelo robô, do conjunto das peças fresadas e dos desperdícios, após a ocorrência de duas fresagens, a mesa de trabalho recolhe do local de fresagem passando pela zona de aspiração incorporada na árvore de fresagem. A Figura 57 b) do Anexo H apresenta o estado de limpeza do molde testado depois da passagem pela aspiração, verificando-se a clara limpeza da superfície, especialmente, das válvulas de sucção e da mesa.

Ao longo da execução da ordem de produção não ocorreu qualquer paragem nem imprevisto. A exposição do estado de limpeza da divisória da mesa de trabalho, na qual foi aparafusado o molde de teste, é apresentada na Figura 38.

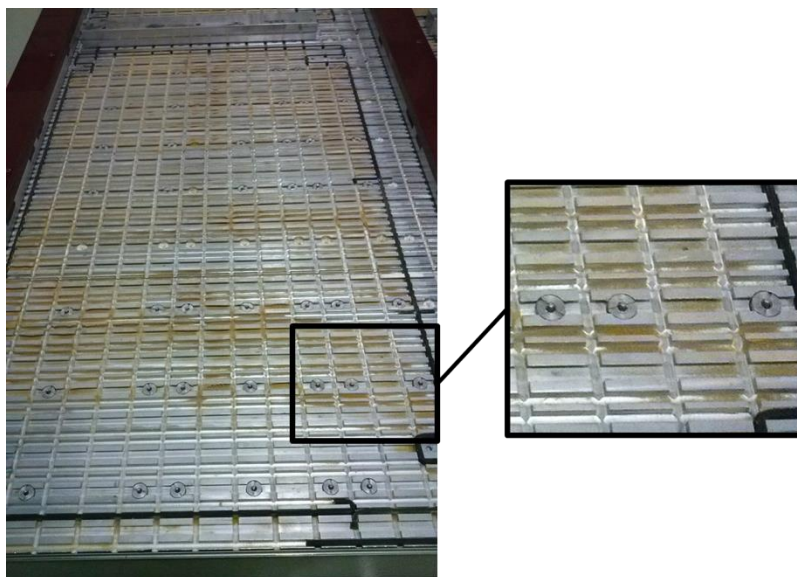


Figura 38 – Estado de limpeza da divisória do teste

Ao comparar a situação da Figura 38 com a divisória apresentada na Figura 24, é possível constatar a grande redução da quantidade de serrim resultante. Como consequência, não será necessário recorrer à atividade de limpeza das válvulas, executada nos processos anteriores, e que ocupava uma elevada percentagem do tempo total de cada processo. Embora se verifique um maior tempo despendido na atividade de limpeza manual das mesas, este compensa em larga escala a implementação proposta.

- **Teste do modo de fixação do molde**

O objetivo da implementação de um modo diferente de fixação do molde na mesa prendeu-se com a eliminação da atividade de ajuste e aparafusamento que demonstrou apresentar o maior tempo de atividade. Neste sentido foi construído um protótipo segundo o projeto apresentado no Sub-capítulo 4.4 com as novas características da guia e da peça de fixação. Na Figura 39 é possível comparar as mudanças efetuadas na conceção da nova guia.

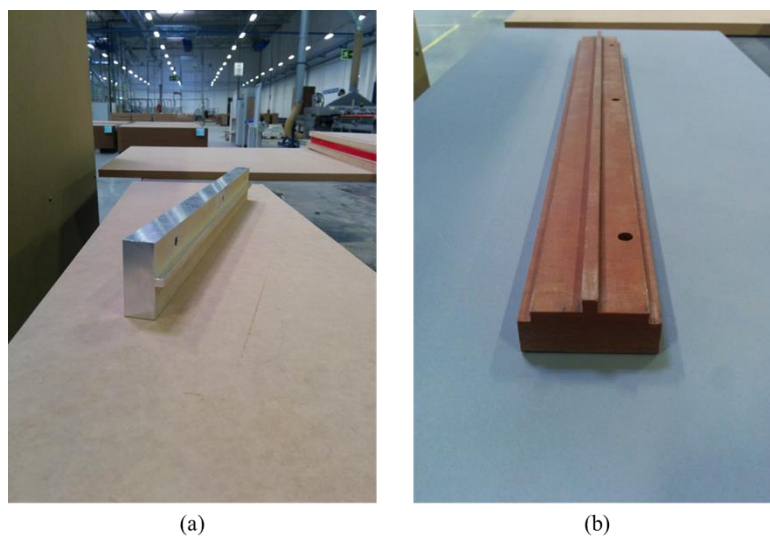


Figura 39 – a) Guia utilizada na máquina CNC. b) Protótipo da guia proposta

A peça de fixação funcionará como complemento do modo de fixação dos quatros moldes antecedentes de cada mesa de trabalho, encontrando-se representada na Figura 40.

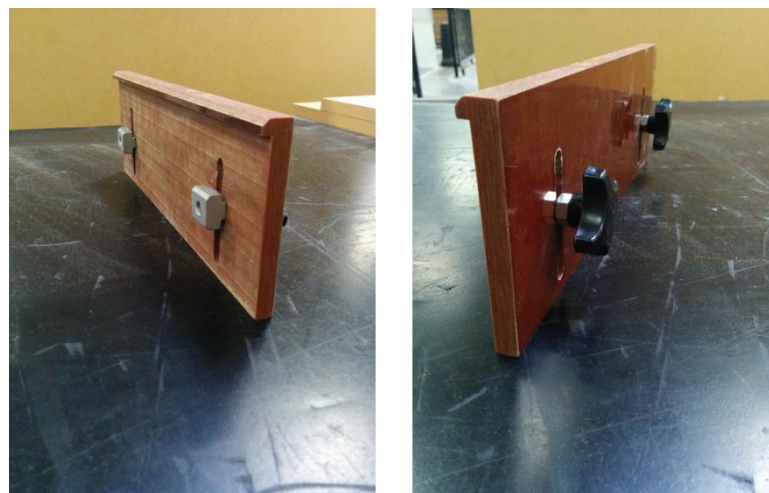


Figura 40 – Protótipo da peça de fixação proposta

De forma a entender o funcionamento da solução proposta, é demonstrada, através da Figura 58 do Anexo H, a constituição global do modo de fixação dos moldes localizados na zona antecedente da mesa de trabalho.

Relativamente ao material do molde foi recomendada, posteriormente, a utilização de um molde de contraplacado marítimo devido às suas propriedades de elevada resistência à degradação, humidade e desgaste, grande durabilidade e facilidade de trabalho. No entanto, as placas de contraplacado marítimo não receberam tratamento e, após a fresagem e furação necessárias à realização do novo tipo de molde, verificou-se a deformação das placas, situação visível na Figura 59 do Anexo H. De forma a resolver este problema foi aplicado um tratamento de lixagem, sendo todavia impossível proceder à furação e roscagem das válvulas no molde. Assim, no teste sucedido utilizou-se o molde de contraplacado marítimo com as novas dimensões mas não foi possível testar novamente o molde com a incorporação das válvulas.

- **Teste da dimensão fixa para a borracha**

Em complemento do teste do modo de fixação do molde, foi testada a aplicação de uma borracha de 7 mm de diâmetro e 3,50 m de comprimento na divisória na qual ocorreu o teste do modo de fixação. Após o teste e a comprovação da sua viabilidade, foi implementada, conforme a Figura 60 do Anexo H, a utilização de 16 borrachas de dimensões iguais (uma para cada divisória das mesas), sendo analisados os resultados no capítulo seguinte.

- **Implementação da metodologia 5S no móvel de armazenamento dos moldes e nos materiais**

A aplicação da metodologia 5S resultou na apresentação do móvel evidenciada na Figura 41 e comparada com a situação observada na Figura 55 do Anexo G.

O resultado constatado foi complementado com os problemas de organização dos materiais de apoio, guias e borrachas utilizados no *setup*. Ao comparar a Figura 56 do Anexo G com a Figura 61 do Anexo H, é visível uma clara seleção, arrumação e identificação das borrachas e materiais de apoio, sendo estes localizados atualmente em prateleiras específicas do móvel, assim como os restantes acessórios necessários (bases para os moldes).

No que respeita à disposição das guias, esta estão situadas numa bancada que se encontra no centro do móvel e diferenciadas segundo a máquina e a mesa de trabalho a que se destinam. Esta situação é retratada na Figura 62 do Anexo H.



Figura 41 – Móvel de armazenamento dos moldes e materiais

5.2 Análise dos Resultados e Realocação Final

Os resultados obtidos, relativos à redução de tempo das atividades e, em consequência, dos processos de mudança de referência, derivam da realização dos testes descritos no subcapítulo anterior.

No que respeita às implementações inerentes à aplicação da metodologia 5S no móvel e materiais de apoio, os resultados alcançados são difíceis de quantificar, apresentando-se no Sub-capítulo 5.1, imagens alusivas às mudanças, a nível organizacional, decorrentes das implementações realizadas. No entanto, ao recorrer a entrevistas com os operadores e observações da linha, foi confirmada a melhoria na arrumação e organização do ambiente de trabalho, a maior rapidez na procura e preparação dos materiais e a diminuição da probabilidade de ocorrência de erros na colocação correta dos moldes e materiais para a produção. Além destas melhorias, verificou-se a manutenção e cuidado constantes na disposição, organização e seleção dos moldes e materiais nos locais definidos segundo a solução proposta. É de evidenciar que a implementação das soluções apresentadas foi concretizada no fim de outubro de 2014, comprovando-se a sua continuidade até fim de janeiro de 2015, altura da finalização do projeto.

Os testes realizados para as soluções de incorporação de válvulas nos moldes, alteração do modo de fixação dos moldes e definição de uma dimensão fixa para a borracha, incidiram, principalmente, nos tempos das atividades de limpeza, colocação e recolha dos moldes e colocação e ajuste das borrachas nas mesas de trabalho. No entanto, como não ocorreu a implementação destas soluções no tempo determinado para a realização do projeto, os tempos e as reduções apresentadas de seguida são uma previsão determinada segundo os testes realizados. As atividades que não sofreram alterações, nem reduções dos seus tempos com os testes, mantêm os tempos que lhes foram atribuídos na definição do estado inicial de cada processo. A análise de resultados apresentada de seguida está dividida de acordo com o tipo de processo.

- **Mudança de referência entre produção normal**

O processo de mudança de referência entre produção normal apresenta, no seu conjunto, uma percentagem significativa de tempo (33,5%) associada às atividades executadas automaticamente. De acordo com os testes realizados, a redução do tempo total do processo verificada é consequente da redução do tempo da atividade “Colocar e Ajustar Borrachas”. A Figura 42 compara o tempo desta atividade, antes e após o teste da solução proposta, determinando-se uma redução do tempo da atividade de 43,6%, correspondente a 5,16 minutos.

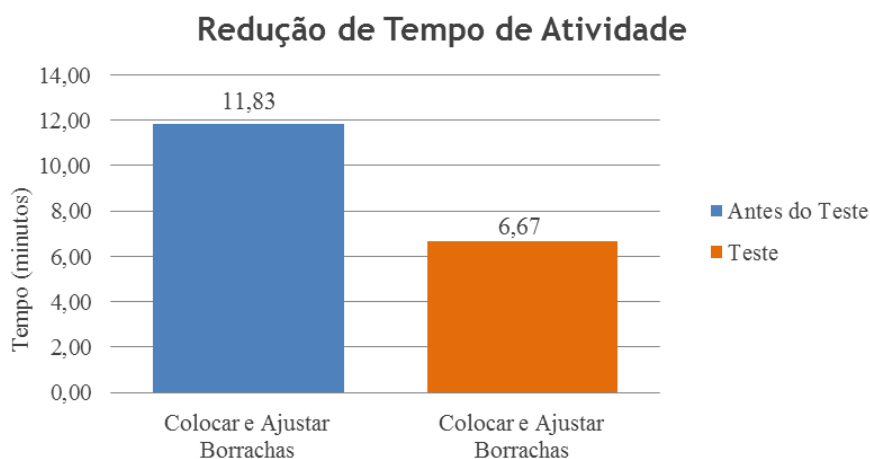


Figura 42 – Tempo da atividade de colocação e ajuste das borrachas

Após a definição das atividades e dos tempos respetivos foi realizada uma nova realocação, em função da sequência determinada e dos dois operadores que vão executar o processo de mudança.

A nova realocação corresponde à final e é apresentada no Anexo I1, na qual se mantêm as mesmas atividades e a sua ordenação ao comparar com a 1ª realocação no Anexo F1. Embora exista esta conservação, ao relacionar a situação inicial presente na Tabela 6 do Anexo D e a realocação final, o operador 1 termina o seu trabalho 22,95 minutos mais cedo, apresentando um fluxo contínuo na execução das atividades. Ao analisar a situação inicial descrita na Tabela 7 do Anexo D e a mesma realocação final, conclui-se que o operador 2 finaliza 0,63 minutos mais cedo, parando apenas em algumas atividades realizadas automaticamente. Na Figura 43, está representada a redução alcançada entre o estado inicial e esta realocação final, verificando-se a mesma situação entre as duas realocações.

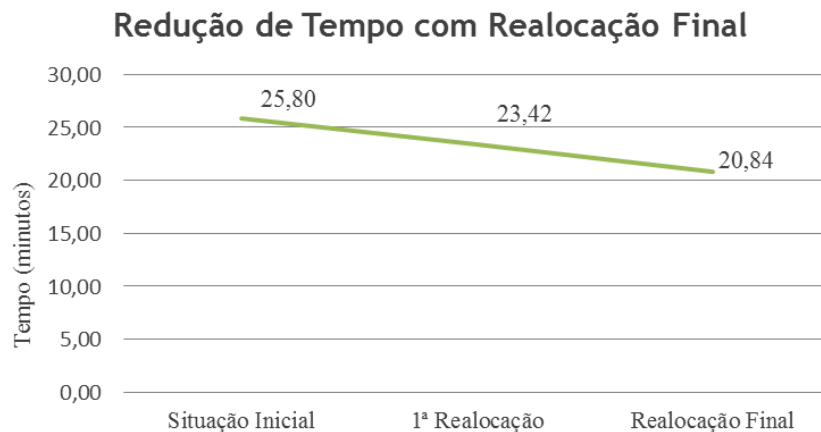


Figura 43 – Tempo do processo de mudança entre produção normal

Entre a 1ª realocação e a realocação final houve uma redução de tempo de 2,58 minutos. Porém, a redução de tempo obtida com a realocação final, corresponde aproximadamente a 19,2% do tempo total da situação inicial, sendo equivalente a 4,96 minutos.

- **Mudança de referência entre produção normal e vitrines**

A redefinição e alteração da sequência de execução das atividades conduziram a uma nova realocação das operações do processo de mudança de referência entre produção normal e vitrines. Ao relacionar a realocação final no Anexo I2 com a 1ª realocação no Anexo F2 constata-se uma alteração da ordem das atividades de colocação, ajuste e aparafusamento das guias, colocação e ajuste das borrachas e colocação dos moldes, sendo necessário, em primeiro lugar, colocar as borrachas, de seguida colocar os moldes e por fim colocar, ajustar e aparafusar as guias. Além desta evidência, determina-se, pela comparação entre o estado inicial exposto na Tabela 8 do Anexo D e a realocação final, a ocorrência de uma redução no tempo de trabalho do operador 1, terminando 31,92 minutos mais cedo e trabalhando de forma contínua. No caso do operador 2, ao comparar a situação inicial (Tabela 9 do Anexo D) e a realocação final, este finaliza 31,89 minutos mais cedo, parando apenas na ocorrência de algumas atividades automáticas.

Relativamente à redução do tempo das operações, os testes concretizados para a solução de definição de uma dimensão fixa para a borracha permitiu determinar uma percentagem de redução de tempo na atividade “Colocar e Ajustar Borrachas” de 53,5% (5,53 minutos) do tempo anterior.

Já no caso do teste da solução da alteração do modo de fixação dos moldes, este possibilitou a redução de tempo da atividade “Colocar, Ajustar e Aparafusar Moldes”. A redefinição do conjunto dessas atividades teve como consequência a sua agregação numa só atividade, sendo atribuído o nome “Colocar Moldes”. Esta alteração provocou a eliminação do ajuste e aparafusamento dos moldes, acrescentando a operação de fixação dos quatro moldes antecedentes na mesa com a peça de fixação projetada.

Além das reduções de tempo verificadas para a atividade “Colocar e Ajustar Borrachas”, na Figura 44 encontra-se representada a redução de tempo da atividade “Colocar Moldes”, correspondendo a aproximadamente 90,3% (33,56 minutos) do tempo inicial.

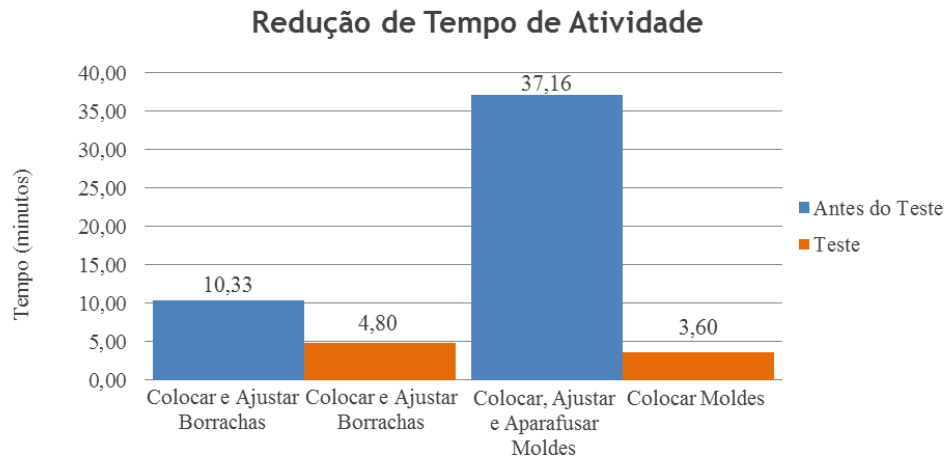


Figura 44 – Tempo das atividades de colocação e ajuste das borrachas e fixação dos moldes

Os resultados obtidos com estas reduções deram origem a uma redução no tempo total do processo de mudança, apresentada na Figura 45.

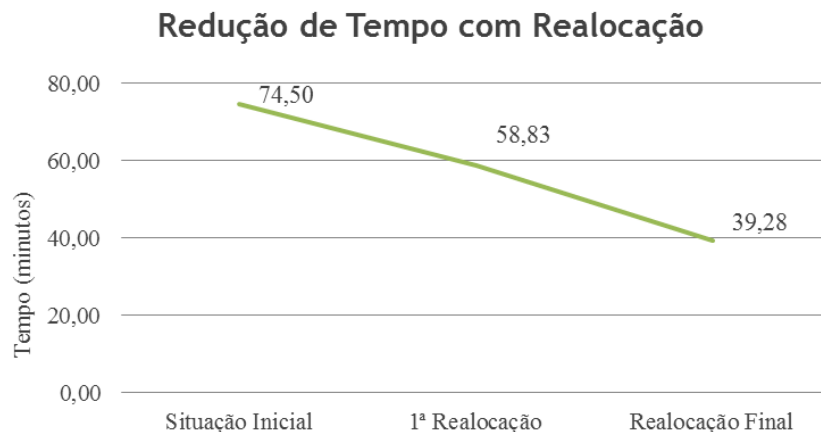


Figura 45 – Tempo do processo de mudança de referência entre produção normal e vitrines

Assim, verifica-se uma diminuição de 15,67 minutos entre o tempo da situação inicial e o da 1ª realocação mas conclui-se que a redução de tempo obtida com a realocação final é mais elevada, correspondendo a 47,3% do tempo inicial, o que constitui 35,22 minutos.

- **Mudança de referência entre vitrines e produção normal**

As soluções propostas aplicadas no processo de mudança de referência entre vitrines e produção normal e a alteração da sequência e do modo de execução das atividades são evidenciadas na comparação entre a 1ª realocação e a realocação final presentes nos Anexos F3 e I3, respetivamente.

Ao relacionar as realocações verifica-se, numa primeira análise, a eliminação das atividades inerentes à maquinagem das últimas peças da referência anterior. Além desta constatação, estabeleceu-se que a redefinição da atividade “Retirar Moldes” engloba o alívio da pressão exercida nos parafusos das peças de fixação e a recolha dos moldes de cima das mesas. Neste caso, esta atividade veio substituir o conjunto de operações relativas à atividade “Desaparafusar e Retirar Moldes”, sendo eliminada a atividade relativa ao modo de fixação.

Em relação às atividades de limpeza das mesas e válvulas de sucção, estas são englobadas na definição da atividade “Limpeza Manual das Mesas”.

De forma a resumir as atividades e as reduções de tempo respectivas, visualiza-se, na Figura 46, uma redução de tempo correspondente a 85,4% (10,96 minutos) na atividade “Desaparafusar e Retirar Moldes”, 74,1% (19,63 minutos) na “Limpeza Manual das Mesas e Válvulas” e 42,8% (5 minutos) na atividade de “Colocar e Ajustar Borrachas”.

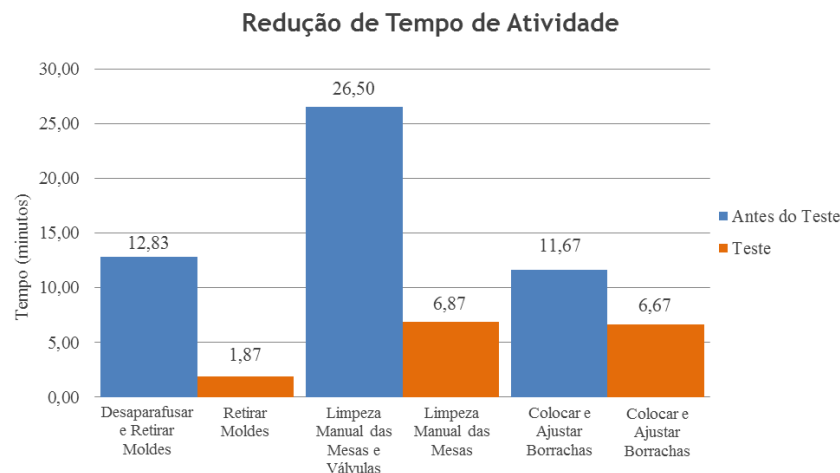


Figura 46 – Tempo das atividades de recolha dos moldes, limpeza e ajuste das borrachas

A comparação entre o estado inicial (Tabela 10 do Anexo D) e a realocação final permite concluir que o trabalho executado pelo operador 1 finaliza 20,56 minutos mais cedo. O operador 2 termina 34,03 minutos mais cedo, parando apenas quando ocorrem atividades automáticas (comparar Tabela 11 do Anexo D e Anexo I3).

A redução do tempo total do processo com a realocação final, observada através da Figura 47, corresponde a 55,8% do tempo da situação inicial, que equivale a 36,20 minutos.

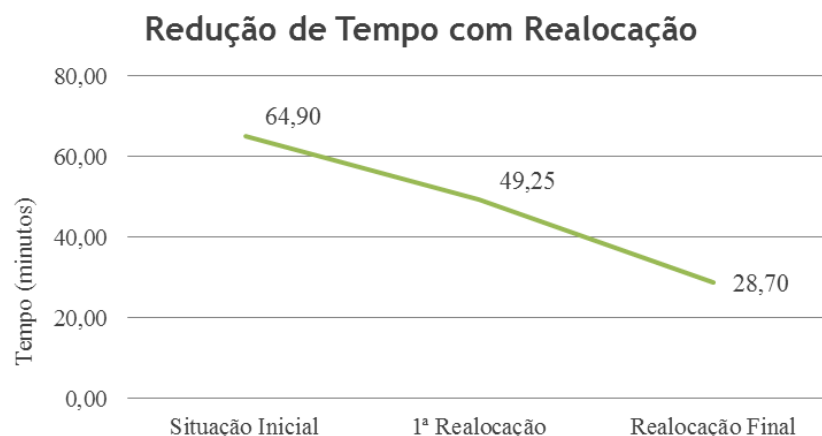


Figura 47 – Tempo do processo de mudança de referência entre vitrines e produção normal

• Mudança de referência entre vitrines

A redefinição das atividades do processo de mudança de referência entre vitrines depende das alterações propiciadas pelas soluções propostas relativas à modificação do modo de fixação e à incorporação das válvulas nos moldes.

A comparação entre a 1ª realocação presente no Anexos F4 e a realocação final no Anexo I4 permite concluir que, como acontece na redefinição do processo de mudança entre vitrines e produção normal, o conjunto das atividades pertencentes à maquinagem das últimas peças da

referência anterior é eliminado. As atividades de desaparafusamento e recolha dos moldes das mesas são substituídas pela atividade “Retirar Moldes”. Neste caso, esta atividade compreende as operações de alívio da pressão exercida nos parafusos das guias centrais e das peças de fixação e a recolha dos moldes das mesas.

Por outro lado, o conjunto de operações de colocação, ajuste e aparafusamento dos moldes é substituída pela atividade “Colocar Moldes” que envolve a colocação dos moldes nas mesas e o aperto dos parafusos das guias centrais e das peças de fixação. O conjunto de operações de limpeza das mesas e das válvulas de sucção é representada apenas pela atividade “Limpeza Manual das Mesas”. Embora a limpeza das válvulas deixe de ser considerada uma atividade, sucede-se um aumento relativo do tempo de limpeza geral das mesas com a pistola de ar comprimido.

A Figura 48 apresenta as reduções de tempos verificadas nas redefinições das três atividades descritas anteriormente. Assim, conclui-se que ocorreu uma redução de tempo correspondente a 78,6% (10,28 minutos) na atividade “Desaparafusar e Retirar Moldes”, 73,6% (19,13 minutos) na “Limpeza Manual das Mesas e Válvulas” e 80,3% (31,06 minutos) na atividade de “Colocar, Ajustar e Aparafusar Moldes”.

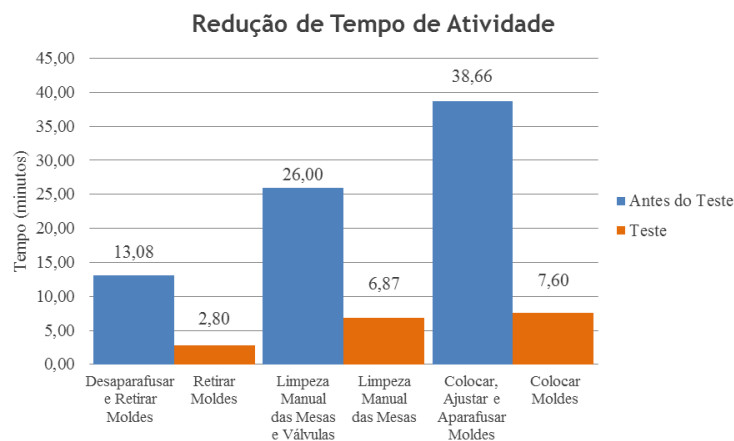


Figura 48 – Tempo das atividades de recolha dos moldes, limpeza e fixação dos moldes

A análise dos dados do estado inicial (Tabela 12 do Anexo D) e da realocação final permite verificar que houve uma redução do tempo de trabalho de 30,20 minutos para o operador 1, realizando o seu trabalho de forma contínua. A partir de uma análise idêntica, mas com base na Tabela 13 do Anexo D e no Anexo I4, conclui-se que o operador 2 apresenta uma redução de 48,92 minutos no tempo total das atividades, ocorrendo paragens no decorrer das atividades automáticas.

As alterações efetuadas com as soluções propostas, principalmente, a alteração do modo de fixação dos moldes, permitiu alcançar uma redução de tempo correspondente a 61,5% (52,23 minutos) do tempo total da situação inicial, encontrando-se representada na Figura 49.

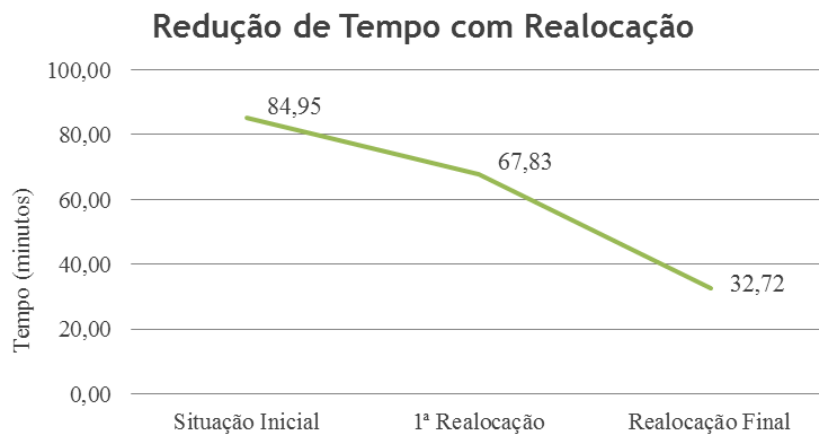


Figura 49 – Tempo do processo de mudança de referência entre vitrines

Após o estudo dos quatro tipos de processos de mudança de referência, conclui-se que a maior redução do tempo total obtida pertence ao processo de mudança entre vitrines.

5.3 Normalização das Operações

Para controlar os processos, assegurar a qualidade e atingir e manter uma elevada eficiência e produtividade, como base da melhoria contínua, foram elaboradas *Standard Operation Sheet* (SOS) por processo e operador.

Segundo a metodologia definida para este projeto e a implementação das etapas do ciclo PDCA, o projeto foi concluído com a fase de normalização, que consistiu na criação de folhas que apresentam um formato específico e que consistem, principalmente, na descrição detalhada das atividades executadas em cada processo de mudança de referência e dos tempos respetivos.

No Anexo J são apresentadas as SOS desenvolvidas para cada processo e operador. As atividades e tempos apresentados correspondem às mudanças inerentes à aplicação das soluções propostas e que foram alvo dos testes efetuados, mantendo-se, no entanto, as atividades e tempos que não foram alterados com os projetos desenvolvidos. Desta forma, na Figura 63 do Anexo J1 apresenta-se a SOS para o operador 1 enquanto que na Figura 64 do Anexo J1 a SOS para o operador 2, ambos correspondentes ao processo de mudança de referência entre produção normal.

De forma idêntica, a Figura 65 do Anexo J2 descreve as funções do processo de mudança de referência entre produção normal e vitrines para o operador 2 e a Figura 66 e Figura 67 do mesmo anexo descrevem as atividades para o operador 2.

No caso do processo de mudança de referência entre vitrines e produção normal, o procedimento para o operador 1 é indicado na Figura 68 e para o operador 2 na Figura 69 e Figura 70 do Anexo J3. Por fim, os operadores 1 e 2 devem proceder à execução das atividades do processo de mudança de referência entre vitrines segundo a Figura 71 e Figura 72 do Anexo J4, respetivamente.

O conjunto de SOS para os quatro tipos de processo de mudança encontram-se localizados numa capa, designada por *setup*, e colocada na *workstation* da linha CNC.

6 Conclusões e Trabalhos Futuros

Os objetivos definidos para este projeto consistiram na aplicação e desenvolvimento da metodologia SMED para estudo e redução do tempo do processo de mudança de referência numa linha CNC de fresagem para produção de mobiliário, focando a implementação de soluções de melhoria.

De um modo geral, os objetivos foram cumpridos, tendo sido realizada uma pesquisa bibliográfica relativa aos temas abordados no trabalho de forma a corroborar os resultados obtidos. O estágio correspondente à distinção entre atividades internas e externas foi atingido através da definição das atividades e tempos respetivos, de cada um dos quatro tipos diferentes de processos de mudança de referência inerentes à máquina. Este estágio permitiu obter uma clara visão e compreensão do conjunto de operações pertencentes a cada processo e do seu modo de procedimento.

Para além de identificar as atividades, a ferramenta tem como objetivo seguinte a passagem das atividades externas para antes ou após a paragem da linha. A aplicação deste estágio não foi desenvolvida de forma tão linear como apresenta ser, no sentido em que cada processo é desempenhado por dois operadores e a ocorrência de atividades executadas automaticamente é significativa, representando um mínimo de 13,6% do tempo total do processo de mudança de referência entre produção normal e vitrines e um máximo de 33,0% do tempo total do processo de mudança de referência entre produção normal.

De forma a impedir que as atividades externas afetem o tempo de paragem da máquina procedeu-se à realocação das atividades por processo e por operador. Embora os resultados obtidos com o desenvolvimento desta solução não tenham sido significativos, obteve-se, no pior caso, uma redução do tempo inicial equivalente a 9,2% (2,38 minutos) para a mudança de referência entre produção normal, sendo que no melhor caso resultou uma redução de 24,1% (15,65 minutos) na mudança de referência entre vitrines e produção normal.

Contrariamente à grande parte dos estudos realizados por Shigeo Shingo (Shingo 1985), não foi encontrada, no presente projeto, nenhuma solução de melhoria de forma a aplicar o estágio de conversão das atividades internas para externas. A necessidade de utilização das mesas de trabalho da máquina CNC para desempenhar a maioria das atividades internas dos processos de mudança de referência impossibilita a conversão para externas.

Apesar do impacto visível da ferramenta, existem várias oportunidades de melhoria na sua aplicação neste projeto. De forma a implementar o estágio correspondente à otimização do conjunto de operações de cada atividade, foram estudadas e avaliadas as opções de melhoria relativas às atividades críticas dos processos. As atividades internas que foram alvo de modificações relacionam-se com a limpeza das mesas e válvulas, o modo de fixação dos moldes e a colocação e ajuste das borrachas nas mesas. A melhoria das atividades externas envolveu a aplicação da metodologia 5S como auxílio, a nível organizacional, à ferramenta SMED.

Em virtude de testes feitos, para a comprovação da viabilidade das soluções projetadas e realização de novas realocações, foram determinadas as reduções de tempo que seriam obtidas caso se procedesse à sua implementação. Ao comparar o tempo de *setup* da situação inicialmente observada e da realocação final, concluiu-se que ocorreu uma redução de tempo nos quatro tipos diferentes de processos de mudança de referência. A menor redução de tempo constatada, de 4,96 minutos correspondente a 19,2% do tempo inicial, pertence ao processo de mudança de referência entre produção normal, passando de 25,80 minutos para 20,84 minutos.

Relativamente à máxima redução de tempo obtida, equivalente a 61,5% (52,23 minutos), esta corresponde ao processo de mudança de referência entre vitrines, considerado o processo de *setup* crítico da máquina. Este resultado foi conseguido através da redução do tempo inicial de 84,95 minutos para 32,67 minutos com a realocação final, passando a representar o terceiro processo de mudança mais longo.

A finalização dos testes e redefinição das operações e tempos respetivos permitiram estabelecer o modo correto de desempenho das atividades através da implementação da normalização das operações na linha, que corresponde à última fase do projeto. A consulta desta documentação é realizada por todos os turnos que trabalham na linha CNC, reduzindo, desta forma, a variabilidade e a probabilidade de ocorrência de erros e aumentando a implementação de boas práticas e da melhoria contínua.

Em paralelo com a redução do tempo de *setup* de cada processo, é possível afirmar que a probabilidade do aumento da produtividade, da redução dos custos operacionais e do tempo dispendido em atividades sem valor acrescentado torna-se elevada, aumentando consequentemente a eficiência da linha CNC.

A aplicação dos estágios e algumas técnicas abordados na metodologia SMED desenvolvida por Shigeo Shingo, vieram conferir suporte ao principal objetivo do projeto desenvolvido, verificando-se, no entanto, que os resultados esperados e pretendidos apenas foram alcançados com a aplicação do último estágio da ferramenta (estágio 3). Além deste facto, concluiu-se que a probabilidade de atingir os 9 minutos e 59 segundos no tempo de *setup* é muito reduzida visto que, para cada processo, a soma do tempo do conjunto de atividades realizadas automaticamente corresponde a mais de 10 minutos.

Apesar de ter sido realizada a encomenda de dois protótipos e do material para os moldes, com vista à realização dos testes de viabilidade e as verificações de redução de tempo obtidas, não foi possível a implementação destas soluções propostas em tempo útil, tendo sido, no entanto, validado o avanço do projeto.

O trabalho realizado teve uma parte prática extensa, tendo existido um grande contacto com a linha CNC, com o processo de mudança de referência e com as práticas e rotinas diárias executadas pelos operadores. O acompanhamento constante no terreno ao longo de todas as fases envolvidas no projeto permitiu também identificar um conjunto de situações que podem ser alvo de trabalhos futuros.

Para além da alteração do modo de fixação dos moldes, seria de grande importância a análise de uma alternativa ao modo de fixação das guias visto que este também envolve o ajuste e aparafusamento destas. Visto que cada guia é fixada por 3 parafusos e cada mesa apresenta 16 guias, a atividade engloba o aperto de 96 parafusos (2 mesas). A solução poderia passar pela introdução de parafusos de aperto rápido.

O estudo do tipo de material que melhor se adequa às características e funções dos moldes também constitui um trabalho necessário, de forma a reduzir a probabilidade de ocorrência de imprevistos e paragens ao longo da produção e o consequente aumento do desempenho e disponibilidade da máquina.

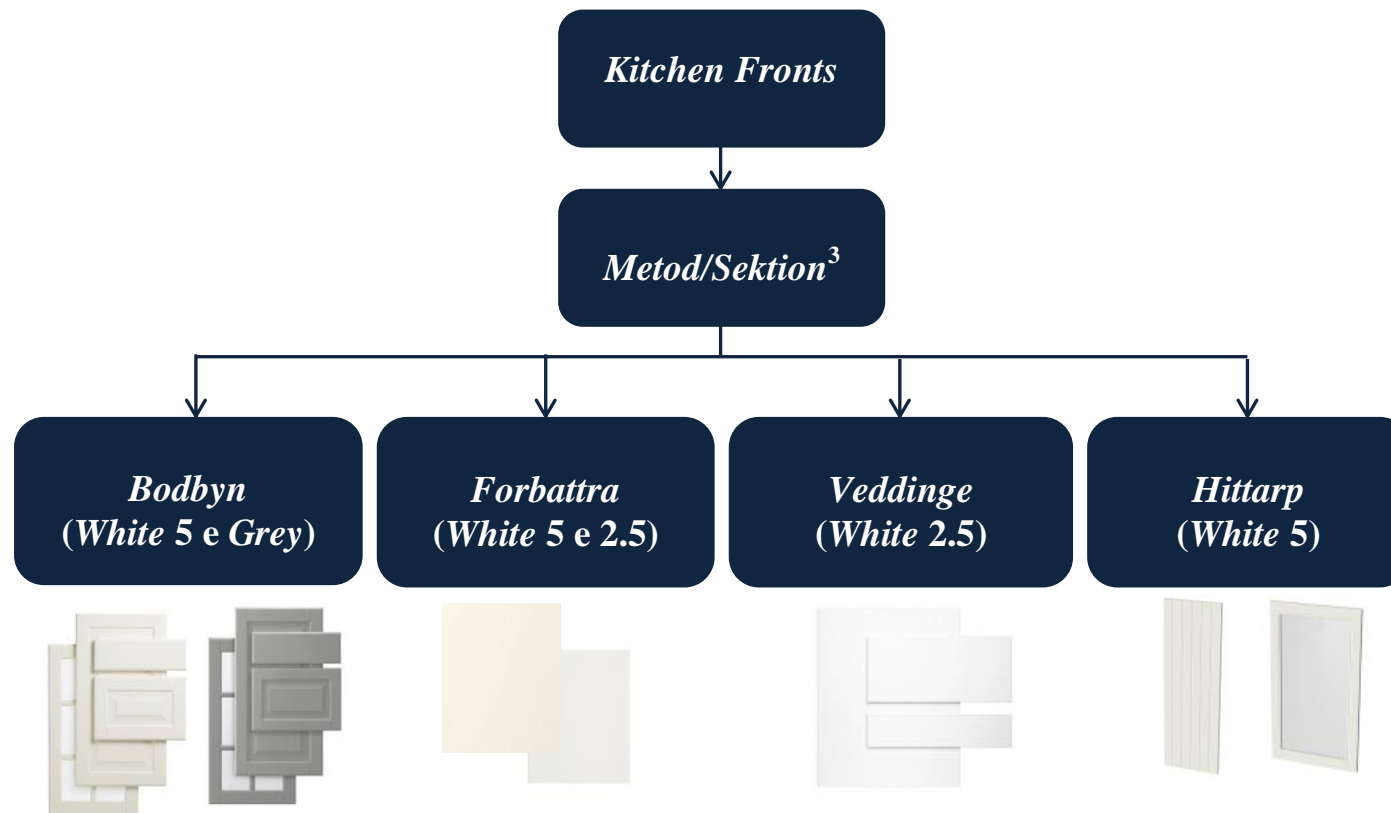
Para além das melhorias e oportunidades de estudo ligadas diretamente ao processo de mudança de referência, seria relevante a pesquisa e avaliação da velocidade ótima de rotação das fresas e do robô, com o intuito de aumentar a produtividade e a eficiência das máquinas CNC sem comprometer o desempenho das mesmas e a qualidade das peças.

Referências

- Coimbra, E. A. (2009). *Total Flow Management: Achieving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains*. Switzerland, Kaizen Institute Consulting Group Ltd.
- IKEA (2014). "SOBRE O GRUPO IKEA." Retrieved 2-11-2014, from http://www.ikea.com/ms/pt_PT/this-is-ikea/about-the-ikea-group/index.html#organisation.
- Jacobs, F. R. and R. B. Chase (2014). *Operations and Supply Chain Management*, McGraw-Hill Education.
- Kotnour, T. (2000). "Organizational learning practices in the project management environment." *International Journal of Quality & Reliability Management* 17(4/5): 393-406.
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles From The World's Greatest Manufacturer*. New York, McGraw-Hill.
- Marchwinski, C. and S. John (2003). *Lean Lexicon: A Graphical Glossary for Lean Thinkers*. Brookline, Lean Enterprise Institute.
- McIntosh, R., et al. (2007). "Changeover Improvement: Reinterpreting Shingo's "SMED" Methodology." *IEEE Transactions On Engineering Management* 54(1).
- McIntosh, R. I., et al. (2000). "A critical evaluation of Shingo's 'SMED' (Single Minute Exchange of Die) methodology." *International Journal of Production Research* 38(11): 2377-2395.
- McIntosh, R. I., et al. (2001). "Changeover improvement: A maintenance perspective." *International Journal of Production Economics* 73(2): 153-163.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. New York, Productivity Press.
- Pellegrini, S., et al. (2012). Study and Implementation of Single Minute Exchange of Die (SMED) Methodology in a Setup Reduction Kaizen. *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. Turkey.
- Pinto, J. P. (2009). *Pensamento Lean: A Filosofia das Organizações Vencedoras*. Lisboa, Lidel Edições Técnicas, Ld.
- Shah, R. and P. T. Ward (2003). "Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance." *Journal of Operations Management* 21(2): 129-149.
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Cambridge, MA, Productivity Press.
- Sugai, M., et al. (2007). "Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso." *Gestão & Produção* 14: 323-335.
- Swedwood (2014). "IKEA Industry - the new name of the industrial operations.". Retrieved 2-11-2014, from <http://www.swedwood.com/>.
- Van Goubergen, D. and H. Van Landeghem (2002). "Rules for integrating fast changeover capabilities into new equipment design." *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 18(3-4): 205-214.
- Wiesner, F. (2009). SWOP - Quality Management. PowerPoint Presentation. IKEA Industry.
- Womack, J. P. and D. T. Jones (2003). *Lean Thinking - Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*, Simon & Schuster.

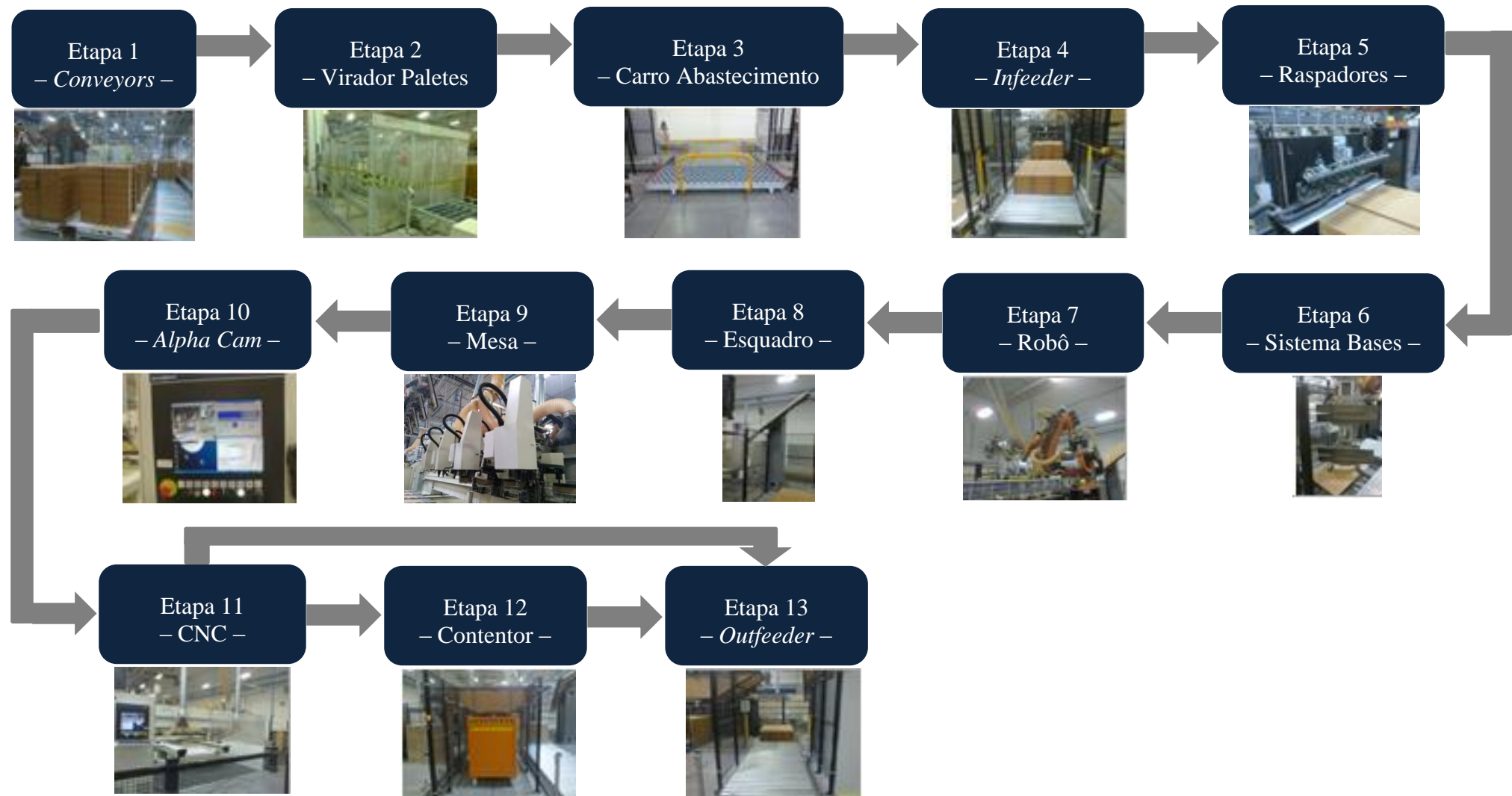
Womack, J. P., et al. (2007). *The Machine That Change The World - How Lean Production Revolutionized The Global Car Wars*, Simon&Schuster.

Anexo A: Família de Artigos Produzidos na Máquina CNC



³ Metod é o grupo de artigos europeus e Sektion é o grupo de artigos norte-americano. A conceção do produto é semelhante diferindo apenas nas dimensões.

Anexo B: Mapa do Processo de Maquinagem da Máquina CNC



Anexo C: Dados Característicos da Máquina CNC

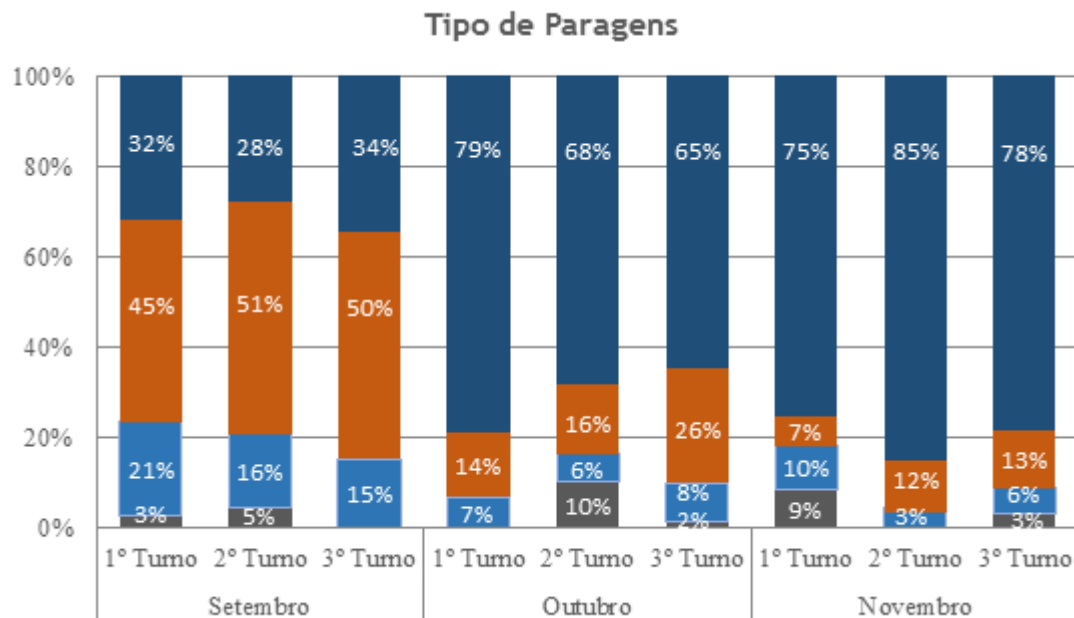


Figura 50 – Paragens na máquina CNC por turno no 1º Trimestre do ano fiscal 2015

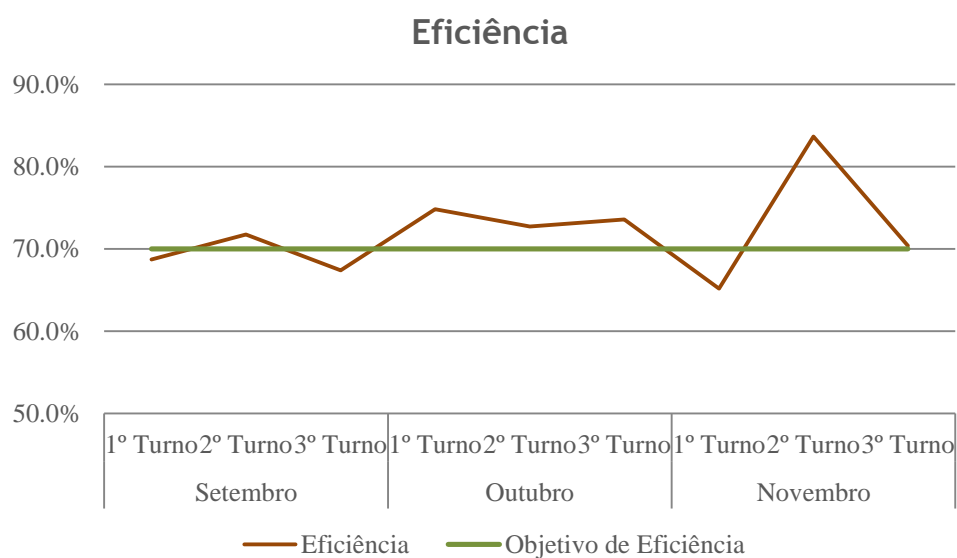


Figura 51 – Eficiência da máquina CNC por turno no 1º Trimestre do ano fiscal 2015

Anexo D: Atividades dos Processos de Mudança de Referência

Tabela 6 – Atividades executadas pelo operador 1 na mudança de referência entre produção normal

Nº	Atividade	Tempo de Atividade (Minutos)	Tempo Acumulado (hh:mm:ss)	Modo de Execução	Tipo	Pontos - Chave
1	Carregar programa de limpeza	0,33	00:00:00	Manual	Interna	Carregar programa no computador da CNC para limpeza automática das mesas
2	Limpeza automática das Mesas	2,08	00:00:20	Automático	Interna	Aspiração automática das mesas utilizando o programa 7000
3	Ir buscar mangueira de ar comprimido	0,72	00:02:25	Caminhar	Externa	Ir buscar mangueira de ar comprimido a outra linha
4	Limpeza manual da mesa V	1,08	00:03:05	Manual	Interna	Limpeza da mesa V (direita) utilizando a pistola de ar comprimido
5	Limpeza manual da mesa Y	1,03	00:04:10	Manual	Interna	Limpeza da mesa Y (esquerda) utilizando a pistola de ar comprimido
6	Colocar borrachas na mesa Y	5,30	00:05:12	Manual	Interna	Ajustar a posição das borrachas na mesa de acordo com a dimensão da peça
7	Arrumar mangueira de ar comprimido	0,43	00:10:30	Caminhar	Externa	Arrumar mangueira de ar comprimido utilizada no seu local correto
8	Retirar 1ª Peça OK	0,38	00:25:25	Manual	Interna	Retirar 1ª Peça OK (com qualidade) de uma das mesas
9	Controlo da 1ª Peça OK	3,90	00:25:48	Manual	Externa	Preencher folhas de controlo dimensional e visual da 1ª Peça OK
			00:29:42			

Tabela 7 – Atividades executadas pelo operador 2 na mudança de referência entre produção normal

Nº	Atividade	Tempo de Atividade (Minutos)	Tempo Acumulado (hh:mm:ss)	Modo de Execução	Tipo	Pontos - Chave
1	Colocar borrachas na mesa V	6,05	00:04:30	Manual	Interna	Ajustar a posição das borrachas na mesa Y de acordo com a dimensão da peça
2	Carregar programa	0,43	00:10:33	Manual	Interna	Carregar programa no computador de acordo com a referência a produzir
3	Abastecer mesas da CNC	6,83	00:10:59	Automático	Interna	Abastecer as mesas da CNC com peças através da programação do robô
4	Maquinar peças da mesa Y	2,58	00:16:49	Automático	Interna	Maquinagem do primeiro conjunto de oito peças da nova referência na mesa Y
5	Verificar peças da mesa Y	1,58	00:19:04	Manual	Interna	Verificação dimensional e visual das oito peças da mesa Y
6	Ajustar cotas ou fresas	0,45	00:20:39	Manual	Interna	Se necessário, ajustar as cotas ou fresas de acordo com as verificações feitas
7	Maquinar peças da mesa V	2,58	00:21:06	Automático	Interna	Maquinagem do segundo conjunto de oito peças na mesa V
8	Verificar peças da mesa V	1,20	00:23:41	Manual	Interna	Verificação dimensional e visual das oito peças na mesa V
9	Ajustar cotas ou fresas	0,40	00:24:53	Manual	Interna	Se necessário, ajustar novamente as cotas e/ou fresas de acordo
			00:25:27			Repetir novamente as atividades 4,5,6,7,8 e 9 se necessário

Tabela 8 – Atividades executadas pelo operador 1 na mudança de referência entre produção normal e vitrines

Nº	Atividade	Tempo de Atividade (Minutos)	Tempo Acumulado (hh:mm:ss)	Modo de Execução	Tipo	Pontos - Chave
1	Colocar guias na mesa V	0,67	00:19:25	Manual	Interna	Retirar as guias do móvel e colocá-las em cima da mesa V
2	Ajustar posições das guias	1,65	00:20:05	Manual	Interna	Ajustar as guias de acordo com as suas posições na mesa V
3	Colocar guias na mesa V	0,83	00:21:44	Manual	Interna	Retirar as guias do móvel e colocá-las em cima da mesa V
4	Ajustar posição das guias	1,77	00:22:34	Manual	Interna	Ajustar as guias de acordo com as suas posições na mesa V
5	Retirar molde do móvel	0,25	00:24:20	Manual	Externa	Procurar e retirar moldes do móvel de acordo com a referência a produzir
6	Colocar molde na mesa V	0,07	00:24:35	Manual	Interna	Colocar molde em cima da mesa V
7	Ajustar posição do molde	0,18	00:24:39	Manual	Interna	Ajustar posição do molde de acordo com a posição das peças de encaixe
8	Retirar molde do móvel	0,15	00:24:50	Manual	Externa	Procurar e retirar moldes do móvel de acordo com a referência a produzir

Nº	Atividade	Tempo de Atividade (Minutos)	Tempo Acumulado (hh:mm:ss)	Modo de Execução	Tipo	Pontos - Chave
9	Colocar molde na mesa V	0,05	00:24:59	Manual	Interna	Colocar molde em cima da mesa V
10	Ajustar posição do molde	0,42	00:25:02	Manual	Interna	Ajustar posição do molde de acordo com a posição das peças de encaixe
11	Retirar molde do móvel	0,12	00:25:27	Manual	Externa	Procurar e retirar moldes do móvel de acordo com a referência a produzir
12	Colocar molde na mesa V	0,10	00:25:34	Manual	Interna	Colocar molde em cima da mesa V
13	Retirar molde do móvel	0,07	00:25:40	Manual	Externa	Procurar e retirar moldes do móvel de acordo com a referência a produzir
14	Colocar molde na mesa V	0,08	00:25:44	Manual	Interna	Colocar molde em cima da mesa V
15	Ajustar posição do molde	0,23	00:25:49	Manual	Interna	Ajustar posição do molde de acordo com a posição das peças de encaixe
16	Retirar molde do móvel	0,10	00:26:03	Manual	Externa	Procurar e retirar moldes do móvel de acordo com a referência a produzir
17	Colocar molde na mesa V	0,13	00:26:09	Manual	Interna	Colocar molde em cima da mesa V
18	Retirar molde do móvel	0,10	00:26:17	Manual	Externa	Procurar e retirar moldes do móvel de acordo com a referência a produzir
19	Colocar molde na mesa V	0,10	00:26:23	Manual	Interna	Colocar molde em cima da mesa V
20	Ajustar posição do molde	0,40	00:26:29	Manual	Interna	Ajustar posição do molde de acordo com a posição das peças de encaixe
21	Retirar molde do móvel	0,08	00:26:53	Manual	Externa	Procurar e retirar moldes do móvel de acordo com a referência a produzir
22	Colocar molde na mesa V	0,22	00:26:58	Manual	Interna	Colocar molde em cima da mesa V
23	Retirar molde do móvel	0,10	00:27:11	Manual	Externa	Procurar e retirar moldes do móvel de acordo com a referência a produzir
24	Colocar molde na mesa V	0,13	00:27:17	Manual	Interna	Colocar molde em cima da mesa V
25	Ajustar posição do molde	0,87	00:27:25	Manual	Interna	Ajustar posição do molde de acordo com a posição das peças de encaixe
26	Aparafusar molde	1,47	00:28:17	Manual	Interna	Aparafusar os moldes à mesa V através de peça de encaixe
27	Ajustar posição do molde	0,58	00:29:45	Manual	Interna	Ajustar posição do molde de acordo com a posição das peças de encaixe
28	Aparafusar molde	1,25	00:30:20	Manual	Interna	Aparafusar os moldes à mesa V através de peça de encaixe
29	Ajustar posição do molde	0,30	00:31:37	Manual	Interna	Ajustar posição do molde de acordo com a posição das peças de encaixe
30	Aparafusar molde	1,33	00:31:55	Manual	Interna	Aparafusar os moldes à mesa V através de peça de encaixe
31	Ajustar posição do molde	0,58	00:33:15	Manual	Interna	Ajustar posição do molde de acordo com a posição das peças de encaixe
32	Aparafusar molde	3,25	00:33:50	Manual	Interna	Aparafusar os moldes à mesa V através de peça de encaixe
33	Trocar banco	0,18	00:37:05	Caminhar	Externa	Levar o banco para a mesa Y
34	Colocar guias na mesa Y	0,55	00:37:16	Manual	Interna	Retirar as guias do móvel e colocá-las em cima da mesa Y
35	Ajustar posição das guias	1,17	00:37:49	Manual	Interna	Ajustar as guias de acordo com as suas posições na mesa Y
36	Colocar guias na mesa Y	0,88	00:38:59	Manual	Interna	Retirar as guias do móvel e colocá-las em cima da mesa Y
37	Ajustar posição das guias	2,02	00:39:52	Manual	Interna	Ajustar as guias de acordo com as suas posições na mesa Y
38	Retirar molde do móvel	0,15	00:41:53	Manual	Externa	Procurar e retirar moldes do móvel de acordo com a referência a produzir
39	Colocar molde na mesa Y	0,12	00:42:02	Manual	Interna	Colocar molde em cima da mesa V
40	Retirar molde do móvel	0,18	00:42:09	Manual	Externa	Procurar e retirar moldes do móvel de acordo com a referência a produzir
41	Colocar molde na mesa Y	0,10	00:42:20	Manual	Interna	Colocar molde em cima da mesa V
42	Retirar molde do móvel	0,17	00:42:26	Manual	Externa	Procurar e retirar moldes do móvel de acordo com a referência a produzir
43	Colocar molde na mesa Y	1,02	00:42:36	Manual	Interna	Colocar molde em cima da mesa V
44	Retirar molde do móvel	0,17	00:43:37	Manual	Externa	Procurar e retirar moldes do móvel de acordo com a referência a produzir
45	Colocar molde na mesa Y	0,35	00:43:47	Manual	Interna	Colocar molde em cima da mesa V
46	Retirar molde do móvel	0,17	00:44:08	Manual	Externa	Procurar e retirar moldes do móvel de acordo com a referência a produzir
47	Colocar molde na mesa Y	0,53	00:44:18	Manual	Interna	Colocar molde em cima da mesa V
48	Aparafusar molde	1,52	00:44:50	Manual	Interna	Aparafusar os moldes à mesa Y através de peça de encaixe
49	Ajustar posição do molde	0,43	00:46:21	Manual	Interna	Ajustar posição do molde de acordo com a posição das peças de encaixe
50	Aparafusar molde	1,92	00:46:47	Manual	Interna	Aparafusar os moldes à mesa Y através de peça de encaixe
51	Ajustar posição do molde	0,42	00:48:42	Manual	Interna	Ajustar posição do molde de acordo com a posição das peças de encaixe
52	Aparafusar molde	1,48	00:49:07	Manual	Interna	Aparafusar os moldes à mesa Y através de peça de encaixe
53	Ajustar posição do molde	0,23	00:50:36	Manual	Interna	Ajustar posição do molde de acordo com a posição das peças de encaixe

Nº	Atividade	Tempo de Atividade (Minutos)	Tempo Acumulado (hh:mm:ss)	Modo de Execução	Tipo	Pontos - Chave
54	Aparafusar molde	1,87	00:50:50	Manual	Interna	Aparafusar os moldes à mesa Y através de peça de encaixe
55	Abastecer máquina	2,17	00:52:42	Manual	Externa	Ir buscar palete ao conveyer e colocá-la na entrada da máquina
			00:54:52			

Tabela 9 – Atividades executadas pelo operador 2 na mudança de referência entre produção normal e vitrines

Nº	Atividade	Tempo de Atividade (Minutos)	Tempo Acumulado (hh:mm:ss)	Modo de Execução	Tipo	Pontos - Chave
1	Limpeza automática das mesas	2,50	00:00:00	Automático	Interna	Ativar no computador aspiração automática das mesas utilizando o programa 7000
2	Ir buscar parafusos	1,10	00:02:29	Caminhar	Externa	Ir buscar caixa com parafusos à banca central
3	Limpeza manual da mesa V	0,13	00:03:40	Manual	Interna	Limpeza da mesa V utilizando a pistola de ar comprimido
5	Limpeza manual da mesa V	0,15	00:04:30	Manual	Interna	Limpeza da mesa V utilizando a pistola de ar comprimido
7	Limpeza manual da mesa V	0,13	00:04:38	Manual	Interna	Limpeza da mesa V utilizando a pistola de ar comprimido
9	Limpeza manual da mesa V	0,15	00:04:47	Manual	Interna	Limpeza da mesa V utilizando a pistola de ar comprimido
11	Limpeza manual da mesa V	0,12	00:04:55	Manual	Interna	Limpeza da mesa V utilizando a pistola de ar comprimido
13	Limpeza manual da mesa V	0,17	00:05:04	Manual	Interna	Limpeza da mesa V utilizando a pistola de ar comprimido
15	Limpeza manual da mesa V	0,12	00:05:11	Manual	Interna	Limpeza da mesa V utilizando a pistola de ar comprimido
17	Limpeza manual da mesa V	0,17	00:05:21	Manual	Interna	Limpeza da mesa V utilizando a pistola de ar comprimido
19	Trocar de mesa	0,57	00:05:28	Caminhar	Externa	Levar banco e pistola de ar comprimido para a mesa Y
21	Limpeza manual da mesa Y	0,32	00:05:38	Manual	Interna	Limpeza da mesa Y utilizando a pistola de ar comprimido
23	Limpeza manual da mesa Y	0,10	00:06:12	Manual	Interna	Limpeza da mesa Y utilizando a pistola de ar comprimido
25	Limpeza manual da mesa Y	0,12	00:06:31	Manual	Interna	Limpeza da mesa Y utilizando a pistola de ar comprimido
27	Limpeza manual da mesa Y	0,13	00:06:37	Manual	Interna	Limpeza da mesa Y utilizando a pistola de ar comprimido
29	Limpeza manual da mesa Y	0,18	00:06:44	Manual	Interna	Limpeza da mesa Y utilizando a pistola de ar comprimido
31	Limpeza manual da mesa Y	0,23	00:06:52	Manual	Interna	Limpeza da mesa Y utilizando a pistola de ar comprimido
34	Limpeza manual da mesa Y	1,00	00:07:03	Manual	Interna	Limpeza da mesa Y utilizando a pistola de ar comprimido
35	Colocar borrachas	12,00	00:07:17	Manual	Interna	Ajustar as posições das borrachas em cada mesa de acordo com o tamanho da peça
36	Colocar guias na mesa V	0,10	00:07:22	Manual	Interna	Retirar as guias do móvel e colocá-las em cima da mesa V
37	Ajustar posição das guias	0,58	00:19:22	Manual	Interna	Ajustar as guias de acordo com as suas posições na mesa V
38	Aparafusar guias	6,82	00:19:28	Manual	Interna	Aparafusar as guias
39	Ir buscar peça de encaixe	0,27	00:20:03	Caminhar	Externa	Ir buscar peça de encaixe à mesa dos acessórios
40	Ajustar posição do molde	0,32	00:26:52	Manual	Interna	Ajustar posição do molde de acordo com a posição das peças de encaixe
41	Aparafusar molde	1,40	00:27:08	Manual	Interna	Aparafusar os moldes à mesa V através de peça de encaixe
42	Ajustar posição do molde	0,50	00:27:27	Manual	Interna	Ajustar posição do molde de acordo com a posição das peças de encaixe
43	Aparafusar molde	1,02	00:28:51	Manual	Interna	Aparafusar os moldes à mesa V através de peça de encaixe
44	Ajustar posição do molde	0,45	00:29:21	Manual	Interna	Ajustar posição do molde de acordo com a posição das peças de encaixe
45	Aparafusar molde	1,07	00:30:22	Manual	Interna	Aparafusar os moldes à mesa V através de peça de encaixe
46	Ajustar posição do molde	0,40	00:31:53	Manual	Interna	Ajustar posição do molde de acordo com a posição das peças de encaixe
47	Aparafusar molde	3,83	00:32:17	Manual	Interna	Aparafusar os moldes à mesa V através de peça de encaixe
48	Colocar guias na mesa Y	0,42	00:36:07	Manual	Interna	Retirar as guias do móvel e colocá-las em cima da mesa Y
49	Ajustar posição das guias	1,00	00:36:32	Manual	Interna	Ajustar as guias de acordo com as suas posições na mesa Y
50	Aparafusar guias	6,62	00:37:32	Manual	Interna	Aparafusar as guias
51	Ajustar posição do molde	0,82	00:44:09	Manual	Interna	Ajustar posição do molde de acordo com a posição das peças de encaixe
52	Aparafusar molde	1,32	00:44:58	Manual	Interna	Aparafusar os moldes à mesa Y através de peça de encaixe
53	Ajustar posição do molde	0,82	00:46:17	Manual	Interna	Ajustar posição do molde de acordo com a posição das peças de encaixe

Nº	Atividade	Tempo de Atividade (Minutos)	Tempo Acumulado (hh:mm:ss)	Modo de Execução	Tipo	Pontos - Chave
54	Aparafusar molde	0,45	00:46:44	Manual	Interna	Aparafusar os moldes à mesa Y através de peça de encaixe
55	Ajustar posição do molde	0,28	00:47:33	Manual	Interna	Ajustar posição do molde de acordo com a posição das peças de encaixe
56	Aparafusar molde	1,25	00:47:50	Manual	Interna	Aparafusar os moldes à mesa Y através de peça de encaixe
57	Ajustar posição do molde	0,38	00:49:05	Manual	Interna	Ajustar posição do molde de acordo com a posição das peças de encaixe
58	Aparafusar molde	0,78	00:49:28	Manual	Interna	Aparafusar os moldes à mesa Y através de peça de encaixe
59	Carregar programa	1,62	00:55:15	Manual	Interna	Carregar programa no computador de acordo com a referência a produzir
60	Abastecer mesas	5,75	00:56:52	Automático	Interna	Abastecer as mesas da CNC com peças através do robô
61	Arrumar materiais e ferramentas	0,63	01:02:37	Manual	Externa	Arrumar materiais e ferramentas no local correto
62	Maquinar peças mesa Y	3,58	01:03:15	Automático	Interna	Maquinagem do primeiro conjunto de oito peças da nova referência na mesa Y
63	Verificar peças	2,27	01:16:50	Manual	Interna	Verificação dimensional e visual das oito peças da mesa Y
64	Ajustar cotas ou fresas	0,80	01:08:06	Manual	Interna	Se necessário, ajustar as cotas ou fresas de acordo com as verificações feitas
65	Maquinar peças mesa V	3,58	01:08:54	Automático	Interna	Maquinagem do segundo conjunto de oito peças na mesa V
66	Verificar peças	1,62	01:12:29	Manual	Interna	Verificação dimensional e visual das oito peças na mesa V
67	Ajustar cotas ou fresas	0,40	01:14:06	Manual	Interna	Se necessário, ajustar novamente as cotas e/ou fresas de acordo
68	Controlo da 1ª Peça OK	4,92	01:14:30	Manual	Externa	Executar o controlo dimensional e visual da 1ª Peça OK
70			01:19:25			

Tabela 10 – Atividades executadas pelo operador 1 na mudança de referência entre vitrines e produção normal

Nº	Atividade	Tempo de Atividade (Minutos)	Tempo Acumulado (hh:mm:ss)	Modo de Execução	Tipo	Pontos - Chave
1	Desaparafusar moldes	2,32	00:00:00	Manual	Interna	Desaparafusar quatro moldes da mesa V
2	Retirar moldes da mesa V	0,80	00:02:14	Manual	Interna	Retirar quatro moldes de cima da mesa e colocá-los junto à grade de segurança
3	Desaparafusar moldes	2,15	00:03:02	Manual	Interna	Desaparafusar quatro moldes da mesa V
4	Retirar moldes da mesa V	1,03	00:05:11	Manual	Interna	Retirar quatro moldes de cima da mesa e colocá-los junto à grade de segurança
5	Desaparafusar guias	0,95	00:06:13	Manual	Interna	Desaparafusar cinco guias da mesa V
6	Retirar guias da mesa V	0,73	00:07:10	Manual	Interna	Retirar as guias de cima da mesa e colocá-las no móvel
7	Desaparafusar guias	0,75	00:07:54	Manual	Interna	Desaparafusar quatro guias da mesa V
8	Retirar guias da mesa V	0,58	00:08:39	Manual	Interna	Retirar as guias de cima da mesa e colocá-las no móvel
9	Desaparafusar guias	1,83	00:09:14	Manual	Interna	Desaparafusar sete guias da mesa V
10	Retirar guias da mesa V	1,27	00:11:04	Manual	Interna	Retirar as guias de cima da mesa e colocá-las no móvel
11	Limpar moldes da referência anterior	2,27	00:12:20	Manual	Externa	Limpar os moldes da referência produzida com pistola de ar comprimido
12	Colocar moldes no móvel	4,80	00:14:36	Manual	Externa	Colocar os moldes limpos no móvel
13	Ajustar parâmetros no computador	0,47	00:19:24	Manual	Interna	Carregar programa 7000 de aspiração das mesas
14	Limpeza automática das mesas	2,23	00:19:52	Automático	Interna	Limpeza automática das duas mesas
15	Ir buscar pistola de ar comprimido	0,85	00:21:06	Caminhar	Externa	Ir buscar pistola de ar comprimido a outra linha
16	Ir buscar banco	0,35	00:21:57	Caminhar	Externa	Ir buscar banco à outra mesa
17	Limpeza manual da mesa V	2,35	00:22:18	Manual	Interna	Limpeza da mesa V utilizando a pistola de ar comprimido
18	Colocar borrachas na mesa Y	5,83	00:35:02	Manual	Interna	Ajustar a posição das borrachas na mesa de acordo com a dimensão da peça
			00:40:56			

Tabela 11 – Atividades executadas pelo operador 2 na mudança de referência entre vitrines e produção normal

Nº	Atividade	Tempo de Atividade (Minutos)	Tempo Acumulado (hh:mm:ss)	Modo de Execução	Tipo	Pontos - Chave
1	Abastecer a máquina	2,25	00:00:00	Manual	Externa	Ir buscar palete ao conveyor e colocá-la na entrada da máquina
2	Desaparafusar moldes	3,05	00:00:00	Manual	Interna	Desaparafusar cinco moldes da mesa Y
3	Retirar moldes da mesa Y	1,23	00:03:12	Manual	Interna	Retirar cinco moldes de cima da mesa e colocá-los junto à grade de segurança
4	Ajustar parâmetros no computador	0,65	00:04:26	Manual	Interna	Ajustar parâmetros no computador da CNC para maquinar as restantes peças
5	Colocar peças na mesa Y	0,50	00:05:10	Manual	Interna	Colocar manualmente as três últimas peças em cima dos moldes na mesa Y
6	Maquinar peças mesa Y	4,15	00:05:40	Automático	Interna	Maquinagem das últimas três peças da referência anterior
7	Retirar peças da mesa Y	0,52	00:09:51	Manual	Interna	Retirar manualmente as peças e os desperdícios de cima dos moldes
8	Desaparafusar moldes	1,80	00:10:23	Manual	Interna	Desaparafusar os três moldes da mesa Y
9	Retirar moldes da mesa Y	0,58	00:12:13	Manual	Interna	Retirar os três moldes de cima da mesa e colocá-los junto à grade de segurança
10	Desaparafusar guias	0,47	00:12:50	Manual	Interna	Desaparafusar duas guias da mesa Y
11	Retirar guias da mesa Y	0,47	00:13:20	Manual	Interna	Retirar as duas guias de cima da mesa e colocá-las no móvel
12	Desaparafusar guias	0,42	00:13:48	Manual	Interna	Desaparafusar duas guias da mesa Y
13	Retirar guias da mesa Y	0,37	00:14:15	Manual	Interna	Retirar as duas guias de cima da mesa e colocá-las no móvel
14	Desaparafusar guias	0,55	00:14:38	Manual	Interna	Desaparafusar duas guias da mesa Y
15	Retirar guias da mesa Y	0,37	00:15:24	Manual	Interna	Retirar as duas guias de cima da mesa e colocá-las no móvel
16	Desaparafusar guias	0,93	00:15:46	Manual	Interna	Desaparafusar quatro guias da mesa Y
17	Retirar guias da mesa Y	0,68	00:16:44	Manual	Interna	Retirar as quatro guias de cima da mesa e colocá-las no móvel
18	Desaparafusar guias	1,27	00:17:30	Manual	Interna	Desaparafusar seis guias da mesa Y
19	Retirar guias da mesa Y	1,10	00:18:46	Manual	Interna	Retirar as guias de cima da mesa e colocá-las no móvel
20	Limpeza manual da mesa Y	1,23	00:21:54	Manual	Interna	Limpeza da mesa Y utilizando a pistola de ar comprimido
21	Limpeza das válvulas de sucção Y	11,68	00:23:10	Manual	Interna	Limpeza das válvulas de sucção (duas a duas) utilizando pistola de ar comprimido
23	Limpeza das válvulas de sucção V	11,15	00:34:51	Manual	Interna	Limpeza das válvulas de sucção (duas a duas) utilizando pistola de ar comprimido
24	Colocar borrachas na mesa V	6,12	00:46:00	Manual	Interna	Ajustar a posição das borrachas na mesa de acordo com a dimensão da peça
25	Carregar programa	0,53	00:52:07	Manual	Interna	Carregar programa no computador de acordo com a referência a produzir
26	Abastecer mesas	3,93	00:52:39	Automático	Interna	Abastecer as mesas da CNC com peças através do robô
27	Maquinar peças mesa Y	3,25	00:56:35	Automático	Interna	Maquinagem do primeiro conjunto de oito peças da nova referência na mesa Y
28	Verificar peças	0,67	00:59:50	Manual	Interna	Verificação dimensional e visual das oito peças da mesa Y
29	Ajustar cotas ou fresas	0,52	01:00:30	Manual	Interna	Se necessário, ajustar as cotas ou fresas de acordo com as verificações feitas
30	Maquinar peças mesa V	3,25	01:01:01	Automático	Interna	Maquinagem do segundo conjunto de oito peças na mesa V
31	Verificar peças	0,43	01:04:16	Manual	Interna	Verificação dimensional e visual das oito peças na mesa V
32	Ajustar cotas ou fresas	0,20	01:04:42	Manual	Interna	Se necessário, ajustar novamente as cotas e/ou fresas de acordo
33	Controlo da 1ª Peça OK	5,25	01:04:54	Manual	Externa	Executar o controlo dimensional e visual da 1ª Peça OK
			01:10:09			

Tabela 12 – Atividades executadas pelo operador 1 na mudança de referência entre vitrines

Nº	Atividade	Tempo de Atividade (Minutos)	Tempo Acumulado (hh:mm:ss)	Modo de Execução	Tipo	Pontos - Chave
1	Abastecer máquina	2,25	00:00:00	Manual	Externa	Ir buscar palete ao conveyor e colocá-la na entrada da máquina
2	Desaparafusar molde	1,17	00:00:00	Manual	Interna	Desaparafusar um molde da mesa V
3	Retirar molde da mesa V	0,10	00:01:10	Manual	Interna	Retirar um molde de cima da mesa e colocá-lo junto à grade de segurança

Nº	Atividade	Tempo de Atividade (Minutos)	Tempo Acumulado (hh:mm:ss)	Modo de Execução	Tipo	Pontos - Chave
4	Desaparafusar molde	0,73	00:01:16	Manual	Interna	Desaparafusar um molde da mesa V
5	Retirar molde da mesa V	0,12	00:02:00	Manual	Interna	Retirar um molde de cima da mesa e colocá-lo junto à grade de segurança
6	Desaparafusar moldes	2,23	00:02:07	Manual	Interna	Desaparafusar três moldes da mesa V
7	Retirar parafusos	0,33	00:04:21	Caminhar	Interna	Retirar parafusos que tinham sido colocados em cima da mesa nas tarefas anteriores
8	Desaparafusar moldes	2,65	00:04:41	Manual	Interna	Desaparafusar três moldes da mesa V
9	Retirar moldes da mesa V	0,67	00:07:20	Manual	Interna	Retirar moldes de cima da mesa e colocá-los junto à grade de segurança
10	Retirar moldes do móvel	5,67	00:08:00	Manual	Externa	Retirar moldes do móvel da referência a produzir
11	Ir buscar banco	0,93	00:13:40	Caminhar	Externa	Ir buscar banco à outra mesa
12	Limpeza manual das mesas	0,52	00:14:36	Manual	Interna	Limpeza da mesa V utilizando a pistola de ar comprimido
13	Limpeza das válvulas de sucção	5,27	00:15:51	Manual	Interna	Limpeza das válvulas de sucção (duas a duas) utilizando pistola de ar comprimido
14	Limpeza manual das mesas	1,33	00:21:07	Manual	Interna	Limpeza da mesa V utilizando a pistola de ar comprimido
15	Limpeza das válvulas de sucção	6,37	00:22:27	Manual	Interna	Limpeza das válvulas de sucção (duas a duas) utilizando pistola de ar comprimido
16	Trocar o Banco	0,67	00:34:39	Caminhar	Interna	Levar banco de uma mesa para a outra (apenas um banco)
17	Limpeza manual das mesas	0,42	00:35:19	Manual	Interna	Limpeza da mesa Y utilizando a pistola de ar comprimido
18	Limpeza das válvulas de sucção	4,13	00:35:44	Manual	Interna	Limpeza das válvulas de sucção (duas a duas) utilizando pistola de ar comprimido
19	Limpeza manual das mesas	1,50	00:39:52	Manual	Interna	Limpeza da mesa Y utilizando a pistola de ar comprimido
20	Limpeza das válvulas de sucção	6,50	00:41:22	Manual	Interna	Limpeza das válvulas de sucção (duas a duas) utilizando pistola de ar comprimido
			00:49:40			

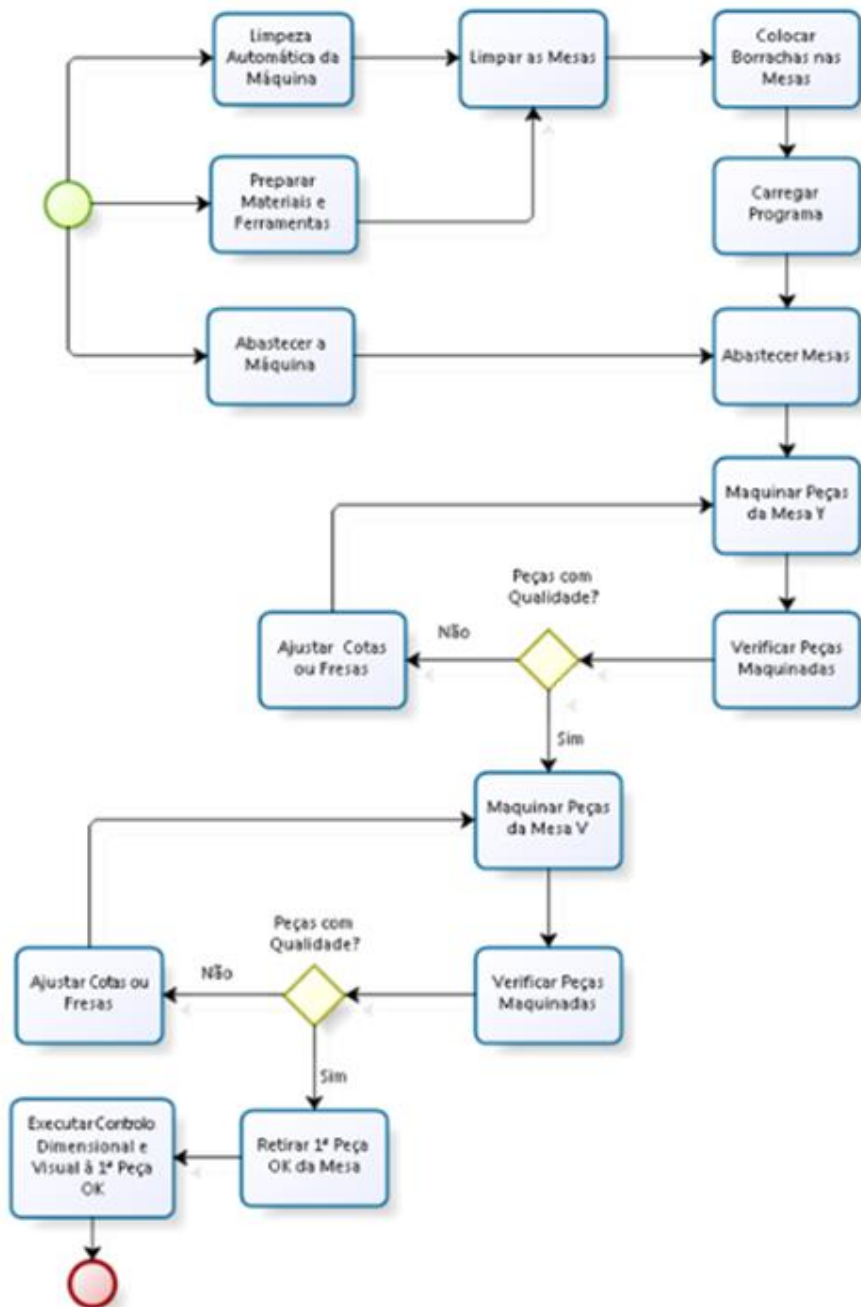
Tabela 13 – Atividades executadas pelo operador 2 na mudança de referência entre vitrines

Nº	Atividade	Tempo de Atividade (Minutos)	Tempo Acumulado (hh:mm:ss)	Modo de Execução	Tipo	Pontos - Chave
1	Desaparafusar molde	0,63	00:00:00	Manual	Interna	Desaparafusar um molde da mesa Y
2	Retirar molde da mesa Y	0,15	00:00:38	Manual	Interna	Retirar um molde de cima da mesa e colocá-lo junto à grade de segurança
3	Desaparafusar moldes	2,37	00:00:47	Manual	Interna	Desaparafusar três moldes da mesa Y
4	Retirar parafusos	0,45	00:03:09	Caminhar	Interna	Retirar parafusos que tinham sido colocados em cima da mesa nas tarefas anteriores
5	Retirar moldes da mesa Y	0,28	00:03:36	Manual	Interna	Retirar três moldes de cima da mesa e colocá-los junto à grade de segurança
6	Desaparafusar molde	1,12	00:03:53	Manual	Interna	Desaparafusar dois moldes da mesa Y
7	Retirar molde da mesa Y	0,62	00:05:00	Manual	Interna	Retirar dois moldes de cima da mesa e colocá-los junto à grade de segurança
8	Ajustar parâmetros no computador	0,50	00:05:37	Manual	Interna	Ajustar parâmetros no computador da CNC para maquinar as restantes peças
9	Colocar peças na mesa Y	0,42	00:06:07	Manual	Interna	Colocar manualmente as duas últimas peças em cima dos moldes na mesa Y
10	Maquinar peças mesa Y	3,77	00:06:32	Automático	Interna	Maquinagem das últimas duas peças da referência anterior
11	Retirar peças da mesa Y	0,53	00:10:18	Manual	Interna	Retirar manualmente as peças e os desperdícios de cima dos moldes
12	Desaparafusar moldes	0,67	00:10:50	Manual	Interna	Desaparafusar moldes da mesa Y
13	Retirar moldes da mesa Y	0,38	00:11:30	Manual	Interna	Retirar moldes de cima da mesa e colocá-los junto à grade de segurança
14	Ajustar parâmetros no computador	0,77	00:11:53	Manual	Interna	Carregar programa 7000 de aspiração das mesas
15	Limpeza automática das mesas	2,33	00:12:39	Automático	Interna	Limpeza automática das duas mesas
16	Limpar moldes	0,47	00:15:09	Manual	Externa	Limpar moldes da referência produzida anteriormente com uma vassoura
17	Colocar moldes no móvel	0,25	00:15:57	Manual	Externa	Colocar moldes limpos da referência produzida anteriormente no móvel
18	Limpar moldes	0,37	00:16:12	Manual	Externa	Limpar moldes da referência produzida anteriormente com uma vassoura
19	Colocar moldes no móvel	0,22	00:16:32	Manual	Externa	Colocar moldes limpos da referência produzida anteriormente no móvel
20	Limpar moldes	0,62	00:16:45	Manual	Externa	Limpar moldes da referência produzida anteriormente com uma vassoura

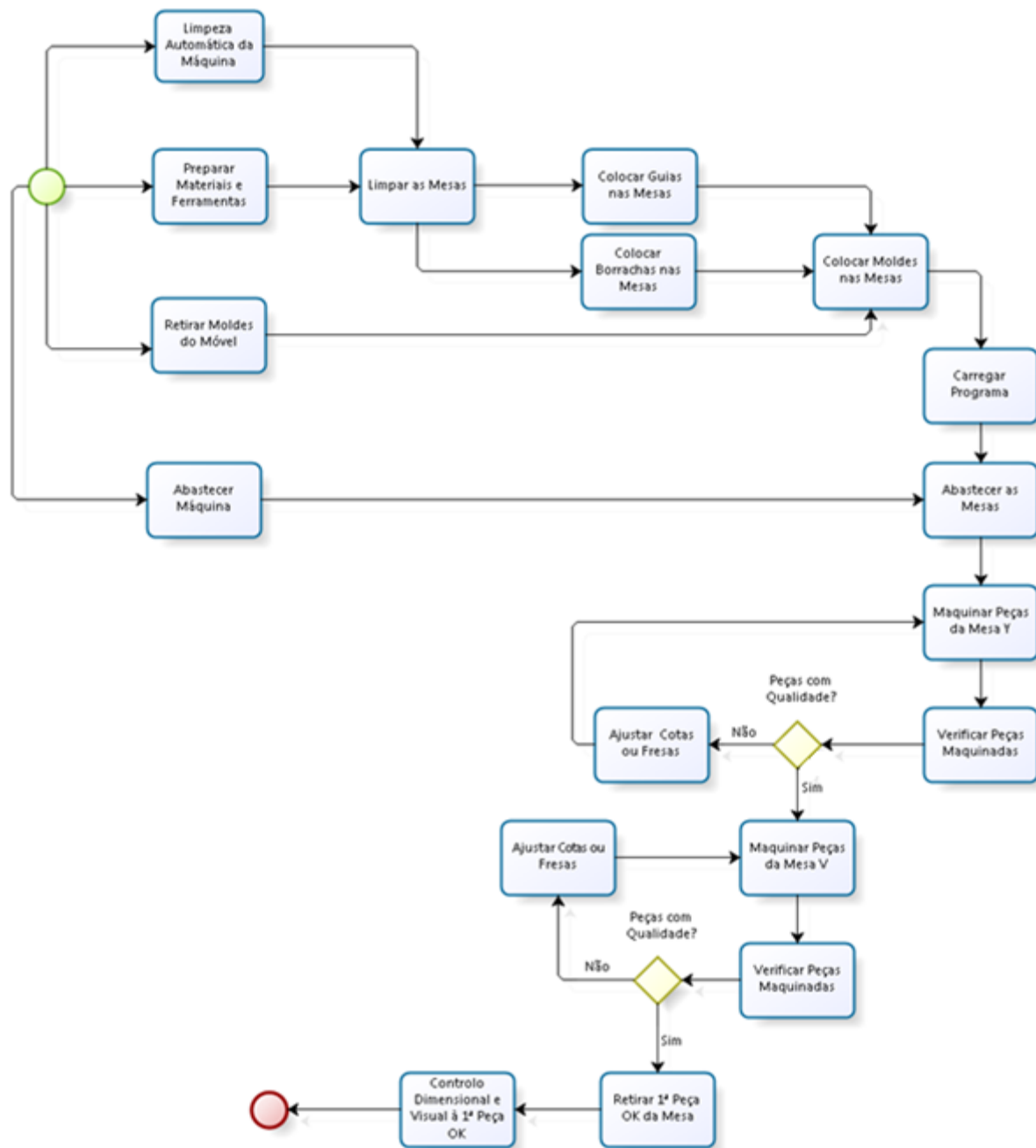
Nº	Atividade	Tempo de Atividade (Minutos)	Tempo Acumulado (hh:mm:ss)	Modo de Execução	Tipo	Pontos - Chave
21	Colocar moldes no móvel	0,22	00:17:22	Manual	Externa	Colocar moldes limpos da referência produzida anteriormente no móvel
22	Limpar moldes	0,60	00:17:35	Manual	Externa	Limpar moldes da referência produzida anteriormente com uma vassoura
23	Colocar moldes no móvel	0,27	00:18:11	Manual	Externa	Colocar moldes limpos da referência produzida anteriormente no móvel
24	Limpar moldes	0,47	00:18:27	Manual	Externa	Limpar moldes da referência produzida anteriormente com uma vassoura
25	Colocar moldes no móvel	0,25	00:18:55	Manual	Externa	Colocar moldes limpos da referência produzida anteriormente no móvel
26	Limpar moldes	0,20	00:19:10	Manual	Externa	Limpar moldes da referência produzida anteriormente com uma vassoura
27	Colocar moldes no móvel	0,42	00:19:22	Manual	Externa	Colocar moldes limpos da referência produzida anteriormente no móvel
28	Limpar moldes	0,27	00:19:47	Manual	Externa	Limpar moldes da referência produzida anteriormente com uma vassoura
29	Colocar moldes no móvel	0,32	00:20:03	Manual	Externa	Colocar moldes limpos da referência produzida anteriormente no móvel
30	Limpar moldes	0,22	00:20:22	Manual	Externa	Limpar moldes da referência produzida anteriormente com uma vassoura
31	Colocar moldes no móvel	0,42	00:20:35	Manual	Externa	Colocar moldes limpos da referência produzida anteriormente no móvel
32	Colocar molde na mesa Y	0,25	00:21:00	Manual	Interna	Colocar molde em cima da mesa Y
33	Aparafusar molde	2,25	00:21:15	Manual	Interna	Aparafusar e ajustar o molde à mesa Y através de peça de encaixe
34	Colocar molde na mesa Y	0,42	00:23:30	Manual	Interna	Colocar molde em cima da mesa Y
35	Aparafusar molde	2,17	00:23:55	Manual	Interna	Aparafusar e ajustar o molde à mesa Y através de peça de encaixe
36	Colocar molde na mesa Y	0,25	00:26:05	Manual	Interna	Colocar molde em cima da mesa Y
37	Aparafusar molde	3,50	00:26:20	Manual	Interna	Aparafusar e ajustar o molde à mesa Y através de peça de encaixe
38	Colocar molde na mesa Y	0,42	00:29:50	Manual	Interna	Colocar molde em cima da mesa Y
39	Aparafusar molde	2,43	00:30:15	Manual	Interna	Aparafusar e ajustar o molde à mesa Y através de peça de encaixe
40	Colocar molde na mesa Y	0,32	00:32:41	Manual	Interna	Colocar molde em cima da mesa Y
41	Aparafusar molde	3,95	00:33:00	Manual	Interna	Aparafusar e ajustar o molde à mesa Y através de peça de encaixe
42	Colocar molde na mesa Y	0,47	00:36:57	Manual	Interna	Colocar dois moldes em cima da mesa Y
43	Aparafusar molde	2,42	00:37:25	Manual	Interna	Aparafusar e ajustar os dois moldes à mesa Y através de peça de encaixe
44	Colocar molde na mesa Y	0,83	00:39:50	Manual	Interna	Colocar molde em cima da mesa Y
45	Aparafusar molde	4,67	00:40:40	Manual	Interna	Aparafusar e ajustar os moldes à mesa Y através de peça de encaixe
46	Colocar moldes na mesa V	2,98	00:45:20	Manual	Interna	Colocar oito moldes em cima da mesa V
47	Aparafusar moldes	3,45	00:48:19	Manual	Interna	Aparafusar e ajustar os moldes à mesa V através de peça de encaixe
48	Aparafusar moldes	3,42	00:51:46	Manual	Interna	Aparafusar e ajustar os moldes à mesa V através de peça de encaixe
49	Aparafusar moldes	9,38	00:55:11	Manual	Interna	Aparafusar e ajustar os moldes à mesa V através de peça de encaixe
50	Carregar programa	0,50	01:05:01	Manual	Interna	Carregar programa no computador de acordo com a referência a produzir
51	Abastecer mesas	4,58	01:05:31	Automático	Interna	Abastecer as mesas da CNC com peças através do robô
52	Maquinar peças mesa Y	4,17	01:10:06	Automático	Interna	Maquinagem do primeiro conjunto de oito peças da nova referência na mesa Y
53	Verificar peças	2,30	01:14:16	Manual	Interna	Verificação dimensional e visual das oito peças da mesa Y
54	Ajustar cotas ou fresas	0,63	01:16:34	Manual	Interna	Se necessário, ajustar as cotas ou fresas de acordo com as verificações feitas
55	Maquinar peças mesa V	4,17	01:17:12	Automático	Interna	Maquinagem do segundo conjunto de oito peças na mesa V
56	Verificar peças	2,58	01:21:22	Manual	Interna	Verificação dimensional e visual das oito peças na mesa V
57	Ajustar cotas ou fresas	0,83	01:23:57	Manual	Interna	Se necessário, ajustar novamente as cotas e/ou fresas de acordo
58	Retirar 1ª Peça OK	0,50	01:24:27	Manual	Interna	Retirar 1ª Peça OK (com qualidade) de uma das mesas
59	Controlo da 1ª Peça OK	3,97	01:24:57	Manual	Externa	Executar o controlo dimensional e visual da 1ª Peça OK
60	Arrumar Materiais e Ferramentas	3,05	01:28:55	Manual	Externa	Arrumar materiais e ferramentas utilizados durante a mudança de referência
			01:31:58			

Anexo E: Fluxogramas dos Processos de Mudança de Referência

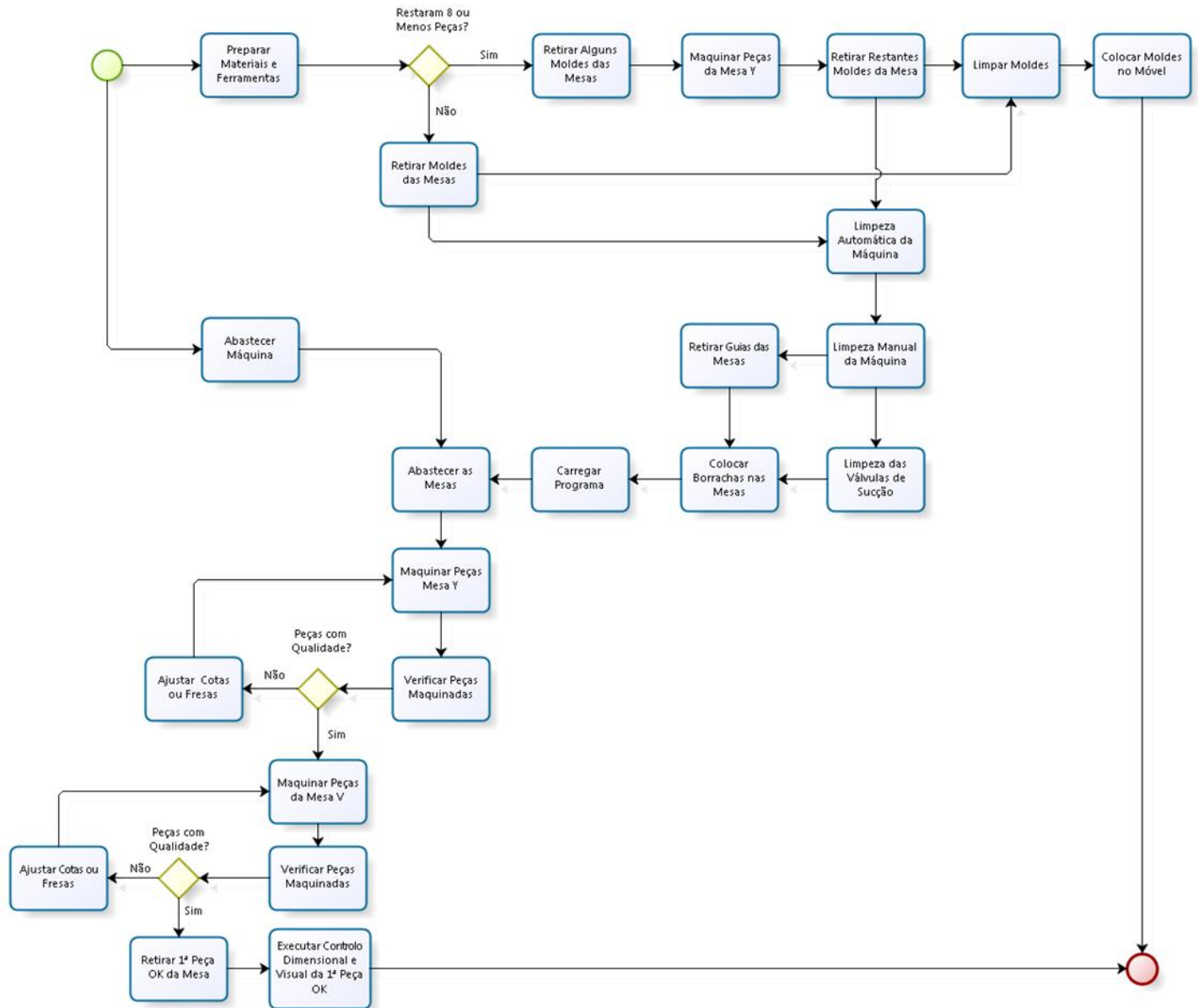
Anexo E1: Processo de Mudança de Referência entre Produção Normal



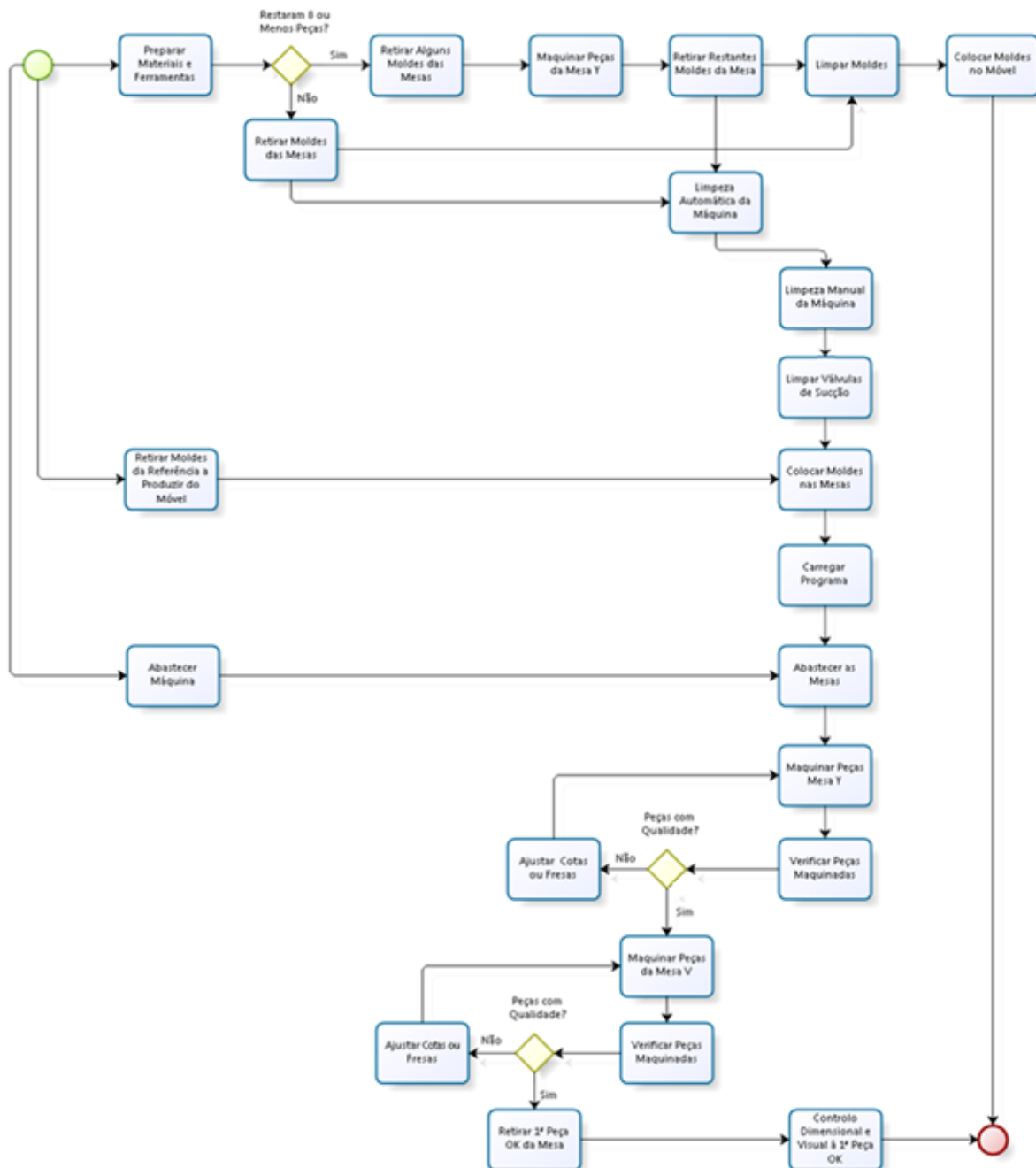
Anexo E2: Processo de Mudança de Referência entre Produção Normal e Vitrines



Anexo E3: Processo de Mudança de Referência entre Produção Normal e Vitrines

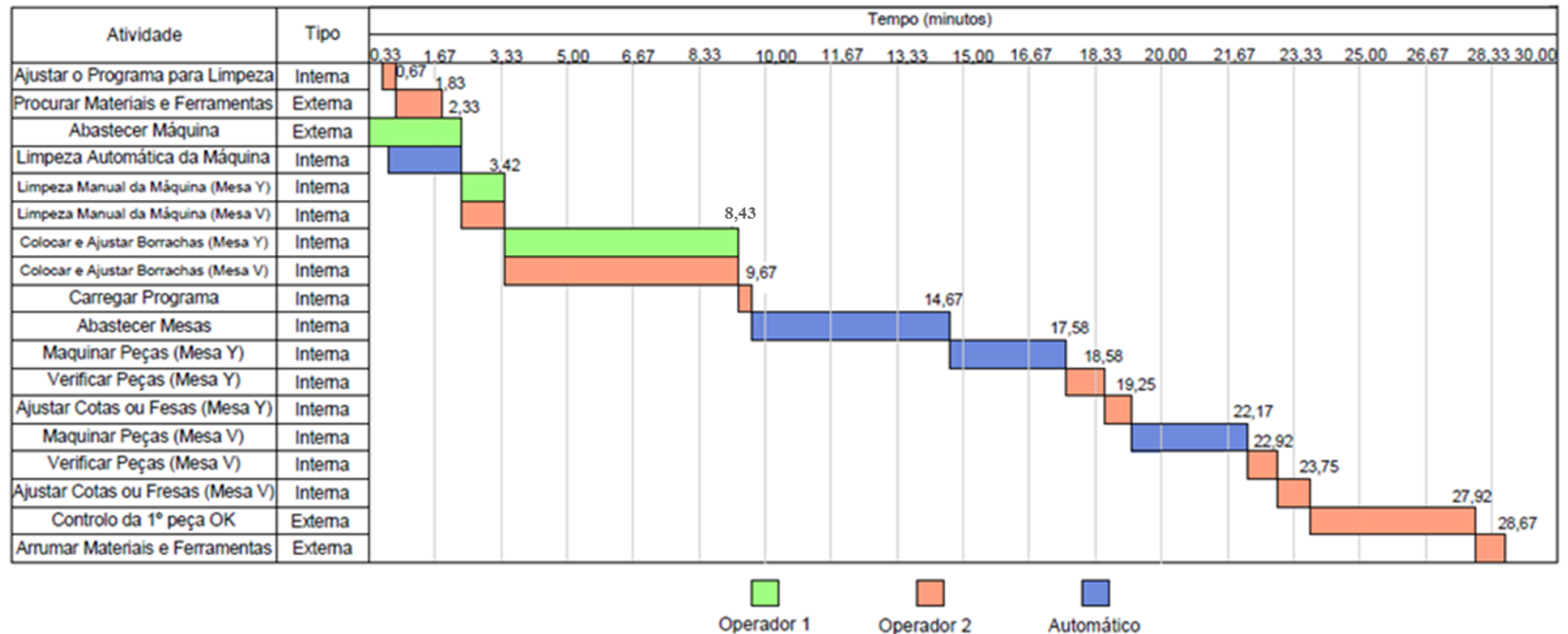


Anexo E4: Processo de Mudança de Referência entre Vitrines

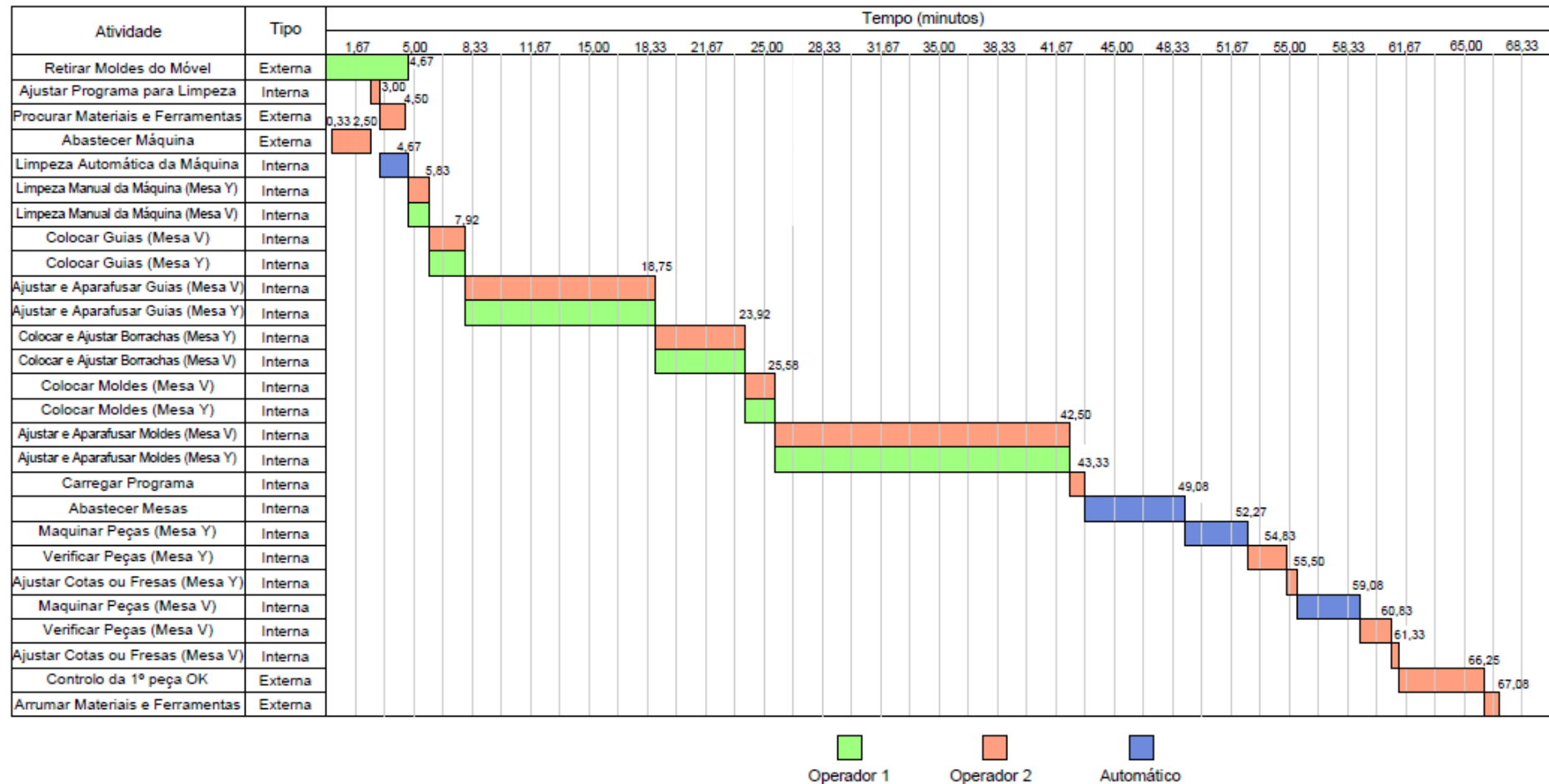


Anexo F: Realocação das Atividades dos Processos de Mudança de Referência

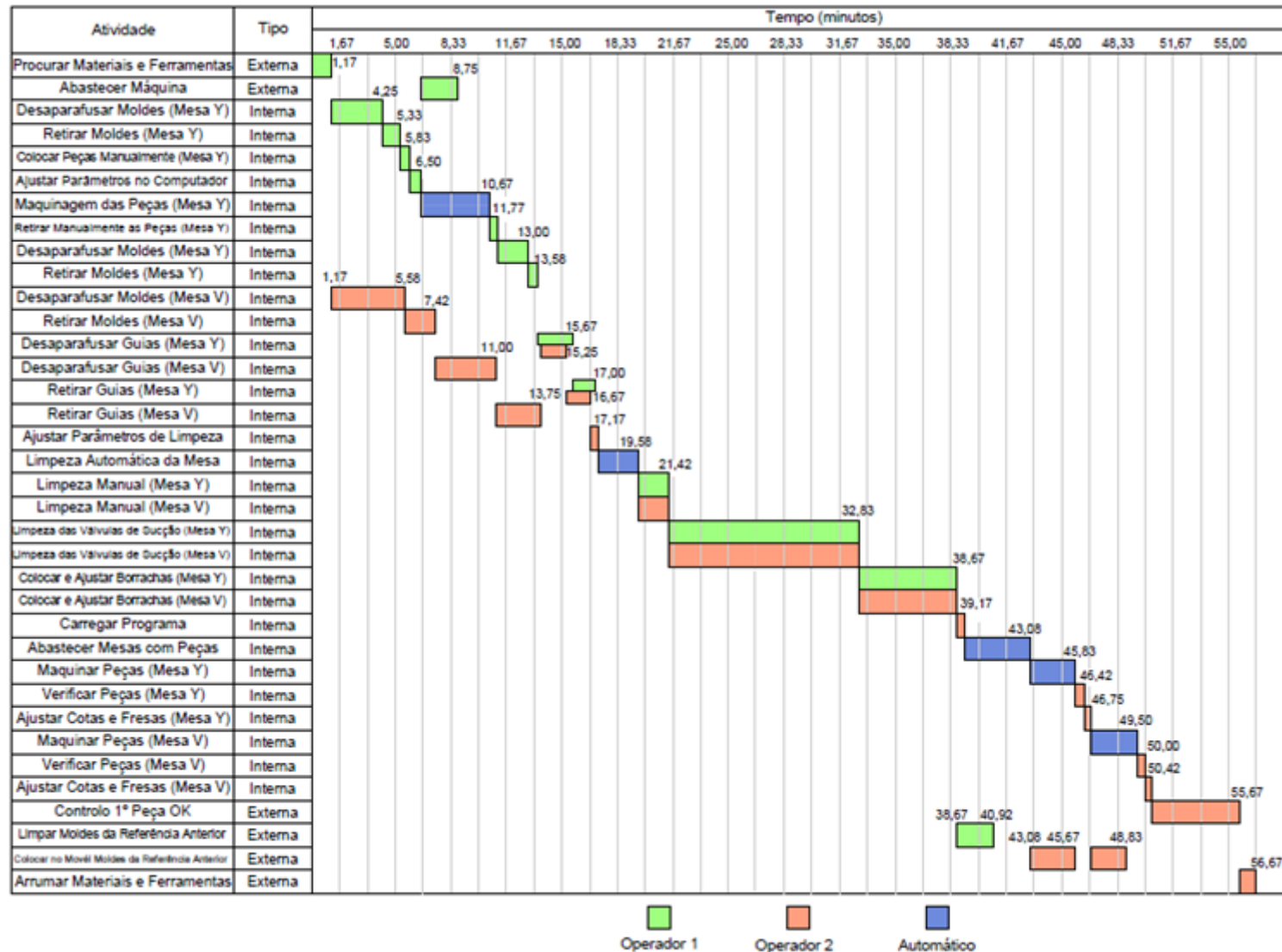
Anexo F1: Realocação das Atividades no Processo de Mudança de Referência entre Produção Normal



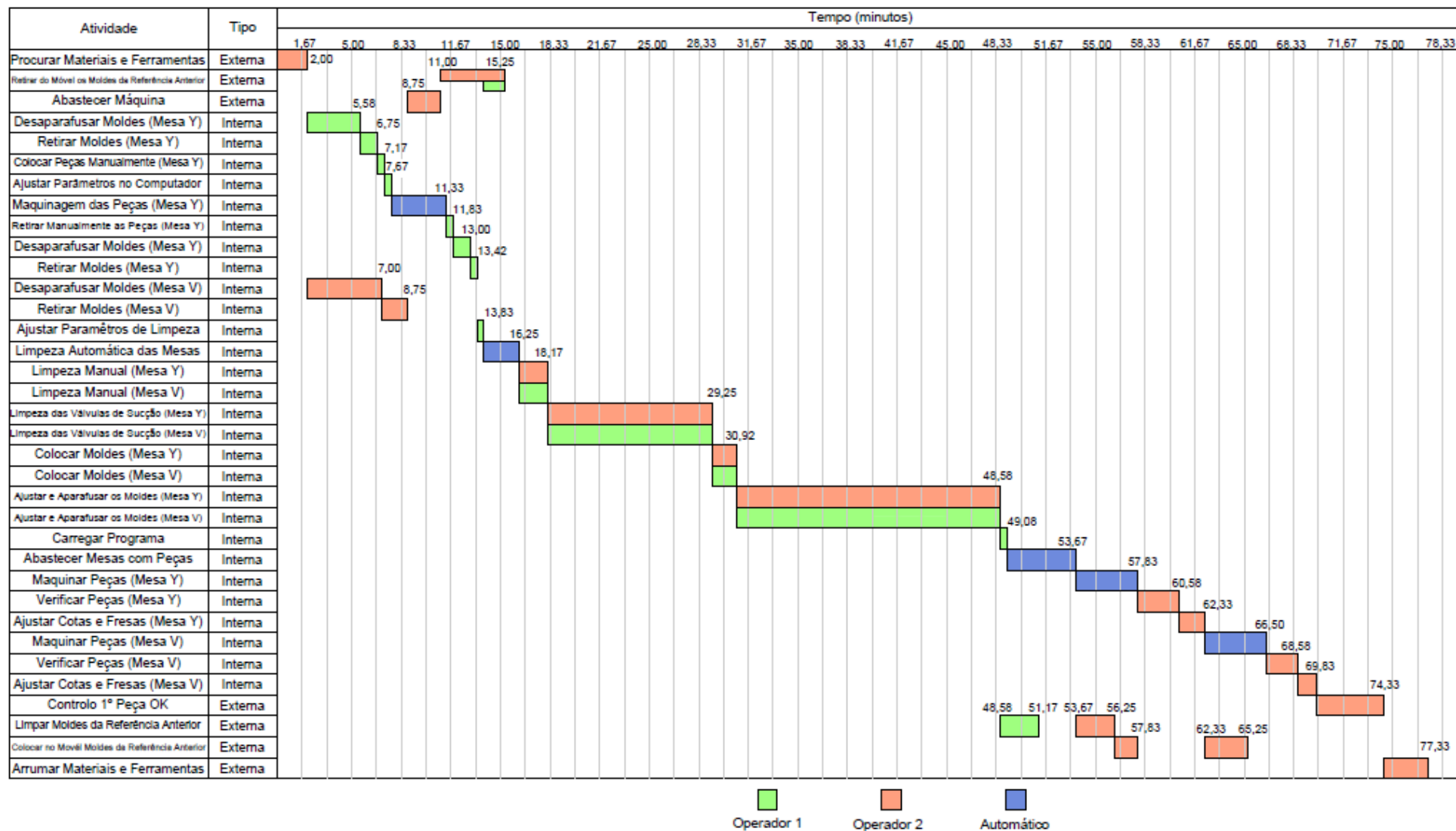
Anexo F2: Realocação das Atividades no Processo de Mudança de Referência entre Produção Normal e Vitrines



Anexo F3: Realocação das Atividades no Processo de Mudança de Referência entre Vitrines e Produção Normal



Anexo F4: Realocação das Atividades no Processo de Mudança de Referência entre Vitrines



Anexo G: Exposição da Situação Atual



Figura 52 – Disposição dos moldes e das guias numa das mesas de trabalho

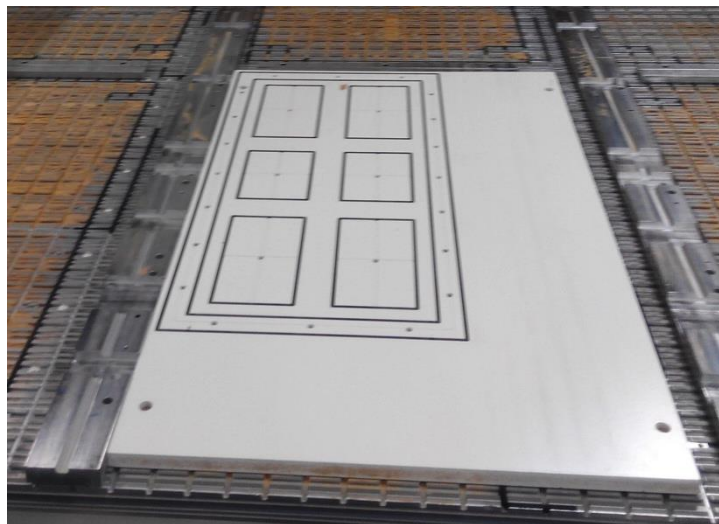


Figura 53 – Molde atual

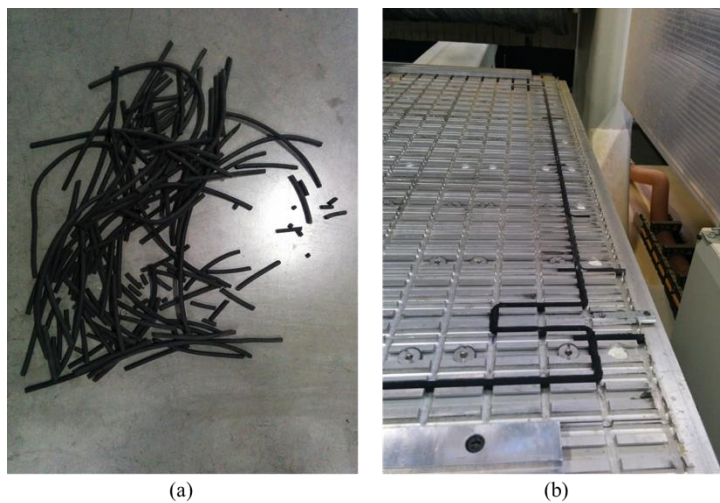
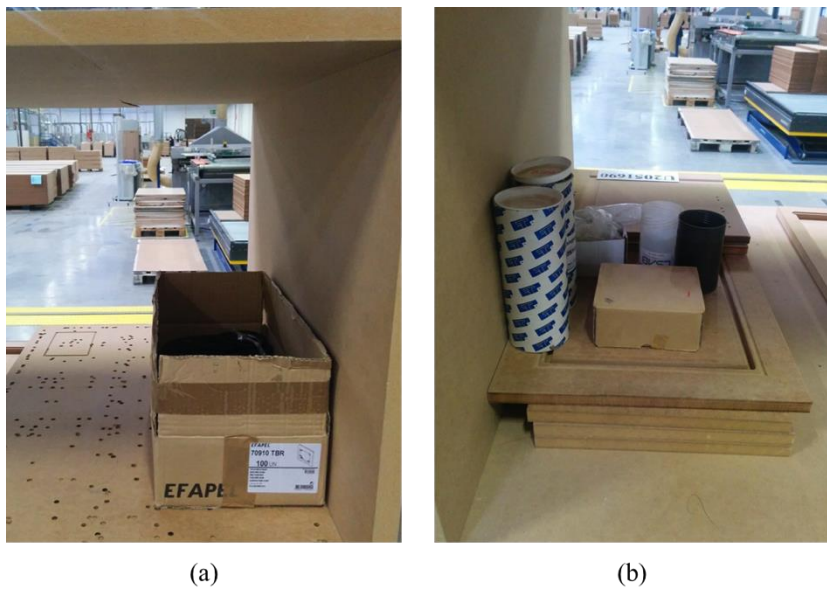


Figura 54 – a) Borrachas de diferentes dimensões. b) Vedação do molde



Figura 55 – Móvel de armazenamento dos moldes



(a)

(b)

Figura 56 – a) Local de colocação das borrachas. b) Caixas de colocação dos materiais

Anexo H: Exposição dos Testes e Soluções Implementadas

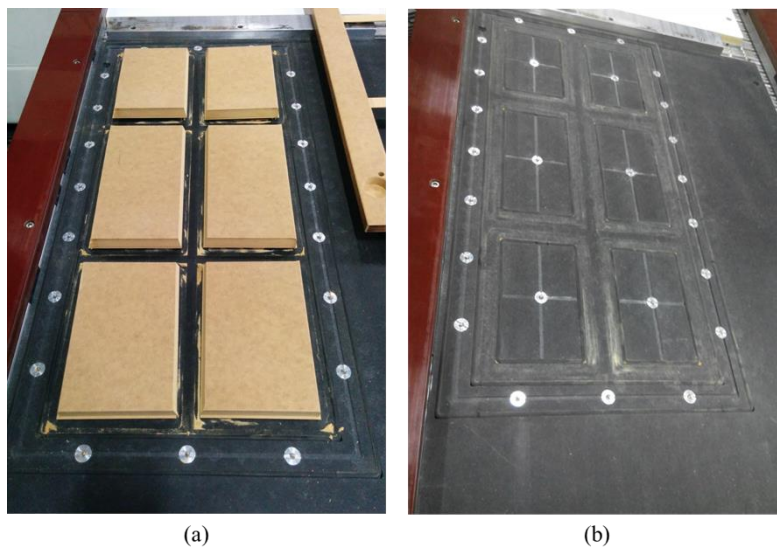


Figura 57 – a) Molde após fresagem. b) Molde após aspiração

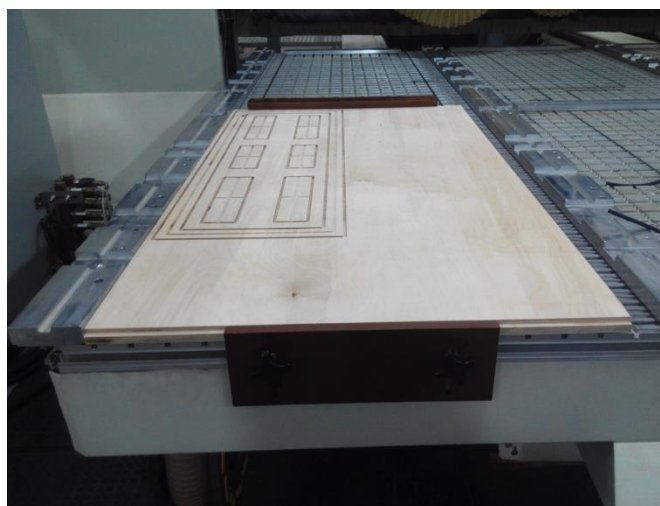


Figura 58 – Modo de fixação dos moldes na zona anterior da mesa

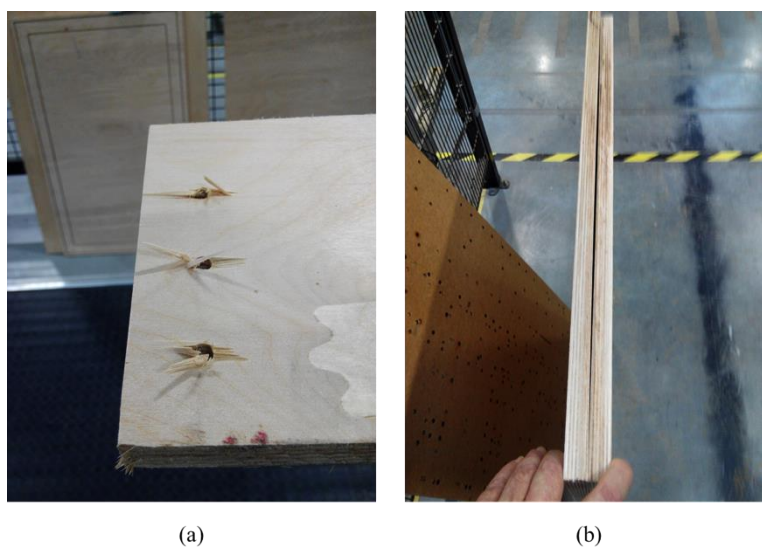


Figura 59 – a) Placa marítimo após furação. b) Deformações da placa após fresagem.



Figura 60 – Dimensão fixa para cada borracha



(a)



(b)

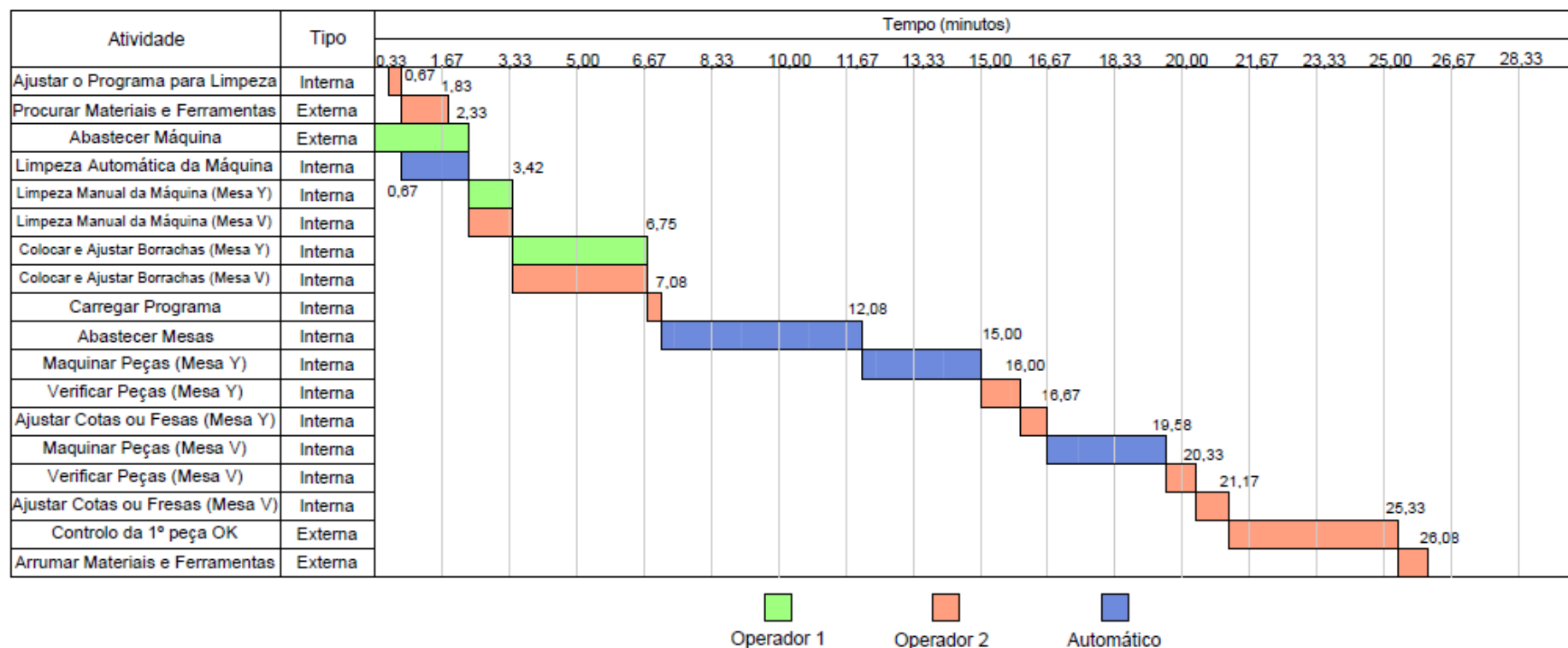
Figura 61 – a) Caixas com borrachas organizadas. b) Caixa com materiais organizada



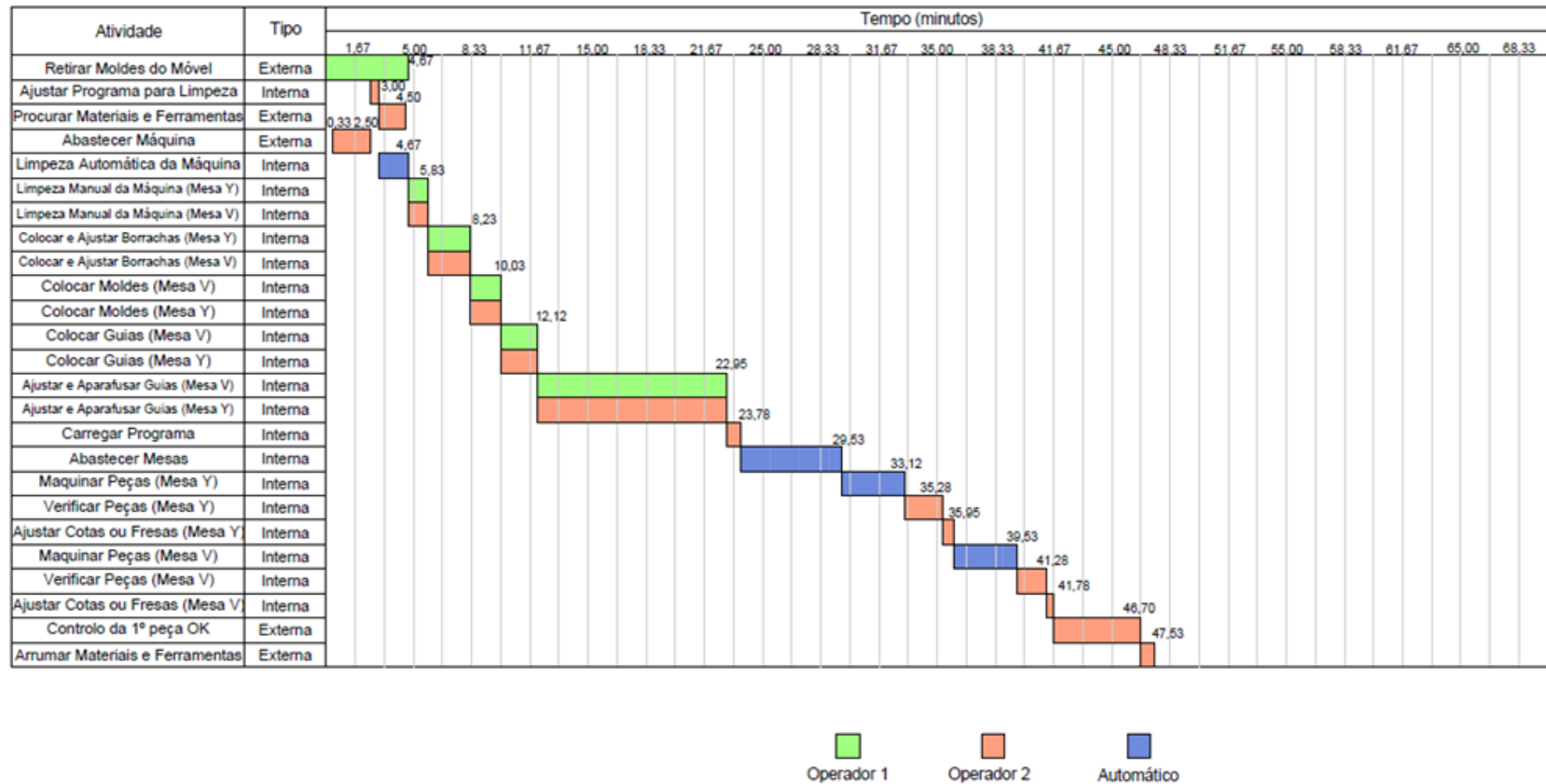
Figura 62 – Bancada com guias organizadas

Anexo I: Realocação Final das Atividades dos Processos de Mudança de Referência

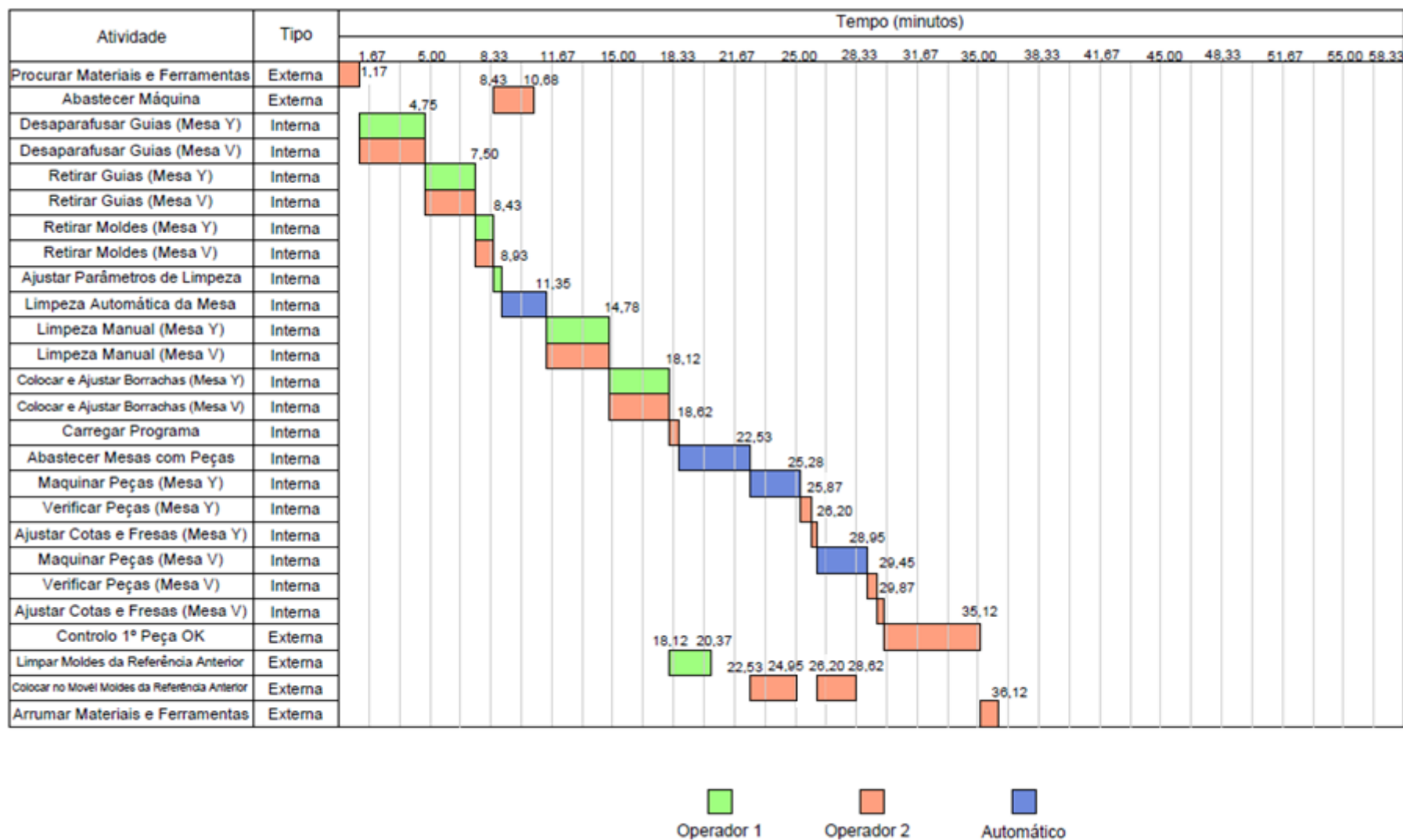
Anexo I1: Realocação Final das Atividades no Processo de Mudança de Referência entre Produção Normal



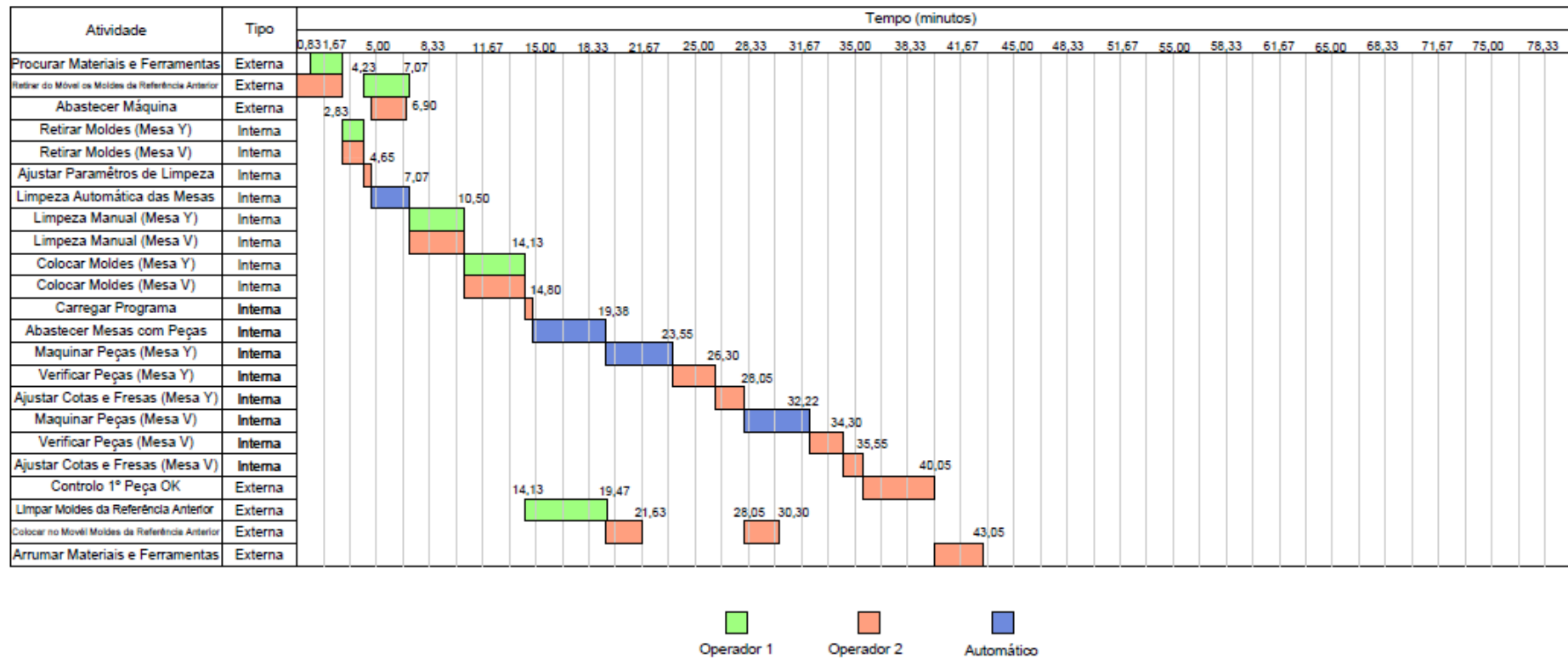
Anexo I2: Realocação Final das Atividades no Processo de Mudança de Referência entre Produção Normal e Vitrines



Anexo I3: Realocação Final das Atividades no Processo de Mudança de Referência entre Vitruines e Produção Normal



Anexo I4: Realocação Final das Atividades no Processo de Mudança de Referência entre Vitrines



Anexo J: Normalização das Operações dos Processos de Mudança de Referência

Anexo J1: Normalização das Operações no Processo de Mudança de Referência entre Produção Normal



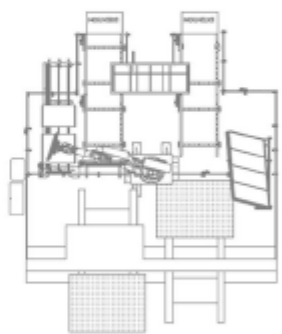



 IKEA Industry Paços de Ferreira		<h2 style="margin: 0;">Standard Operation Sheet</h2> 				DATA Aprovação: 27-09-2013	IQ-205	01
FÁBRICA:		ÁREA:	LINHA:	POSTO TRABALHO:	DESIGNAÇÃO DO PRODUTO:	INFORMAÇÃO ADICIONAL:		
PFF		Profiling	34,1	CNC				
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">SET UP</div>								
Nº	WES	Actividade	Repetição	Tempo de atividade	Caminha	Tempo Acumulado	Pontos Chave	Layout
1		Abastecer Entrada da Máquina com Paleta da Referência a Produzir		140		140	Atividade Externa. Em simultâneo ocorre a limpeza automática da	
2		Limpeza Manual da Mesa Y		65		205	Limpeza com pistola de ar comprimido da mesa Y	
3		Ajustar a Posição das Borrachas na Mesa Y		200		405	De acordo com as dimensões da referência a produzir	
Notas:			Total	405	0		TAKT time:	
AJUDAS EHS / AJUDAS CHAVE::			Layout:					
 								

Figura 63 – SOS do processo de mudança de referência entre produção normal para o operador 1



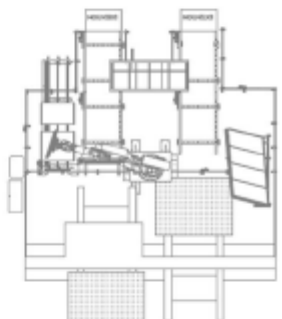



 IKEA Industry Paços de Ferreira		<h2>Standard Operation Sheet</h2>						DATA Aprovação: 27-09-2013	IQ-205	01
FÁBRICA:		ÁREA:	LINHA:	POSTO TRABALHO:	DESIGNAÇÃO DO PRODUTO:			INFORMAÇÃO ADICIONAL:		
PFF		Profiling	34,1	CNC						
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">SET UP</div>										
Nº	WES	Actividade	Repetição	Tempo de atividade	Caminha	Tempo Acumulado	Pontos Chave	Layout		
1		Ajustar Parâmetros de Limpeza no Computador		20		40	Ajustar parâmetros no computador para limpeza automática da			
2		Preparar Materiais e Ferramentas		70		110	Atividade Externa. Em simultâneo com limpeza automática da			
3		Limpeza Manual da Mesa V		65		205	Limpeza com pistola de ar comprimido da mesa V			
4		Ajustar a Posição das Borrachas na Mesa V		200		405	De acordo com as dimensões da referência a produzir			
5		Carregar Programa		20		425	Carregar programa da referência a produzir			
6		Abastecimento das Mesas		300		725	Atividade Automática. Abastecer mesas com peças através do robô			
7		Maquinagem das Peças da Mesa Y		175		900	Atividade Automática. Maquinagem do primeiro conjunto de 8 peças			
8		Visualizar e Medir as Peças da Mesa Y		60		960	Utilizar lanterna e medir peças da mesa Y			
9		Ajustar Cotas ou Fresas		40		1000	De acordo com desvios ocorridos na visualização e medição das			
10		Maquinagem das Peças da Mesa V		175		1175	Atividade Automática. Maquinagem do segundo conjunto de 8 peças			
11		Visualizar e Medir as Peças da Mesa V		45		1220	Utilizar lanterna e medir peças da mesa V			
12		Ajustar Cotas ou Fresas		50		1270	De acordo com desvios ocorridos na visualização e medição das			
13		Executar Rotina 1ª Peça OK		250		1520	Preencher folha de "controlo dimensional e visual", relativa à 1ª			
14		Arrumar Materiais e Ferramentas		45		1565	Arrumar materiais e ferramentas auxiliares ao processo de			
Notas:			Total	1515	0		TAKT time:			
AJUDAS EHS / AJUDAS CHAVE::				Layout:						
 										

Figura 64 – SOS do processo de mudança de referência entre produção normal para o operador 2

Anexo J2: Normalização das Operações no Processo de Mudança de Referência entre Produção Normal e Vitrines

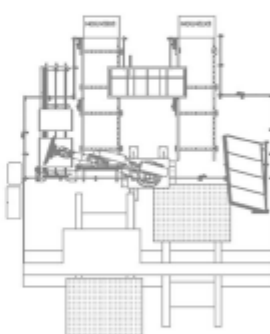



FÁBRICA:		ÁREA:	LINHA:	POSTO TRABALHO:	DESIGNAÇÃO DO PRODUTO:		INFORMAÇÃO ADICIONAL:	
PFF		Profiling	34,1	CNC				
<div style="text-align: right;">SET UP</div>								
Nº	WES	Actividade	Repetição	Tempo de atividade	Caminha	Tempo Acumulado	Pontos Chave	Layout
1		Retirar Moldes da Referência a Produzir do Móvel		280		280	Atividade Externa. Em simultâneo ocorre a limpeza automática da	
2		Limpeza Manual da Mesa Y		70		350	Limpeza com pistola de ar comprimido da mesa Y	
3		Ajustar a Posição das Borrachas na Mesa Y		144		494	De acordo com as dimensões da referência a produzir	
4		Colocar Moldes na Mesa Y		108		602	Colocar 8 moldes na mesa Y e fixar 4 com peças de fixação	
5		Colocar Guias na Mesa Y		125		727	Retirar guias da bancada e colocá-las na mesa Y	
6		Aparafusar Guias na Mesa Y		650		1377	Aparafusar 8 guias laterais e 8 centrais	
Notas:			Total	1377	0		TAKT time:	
AJUDAS EHS / AJUDAS CHAVE:			Layout:					
 								

Figura 65 – SOS do processo de mudança de referência entre produção normal e vitrines para o operador 1



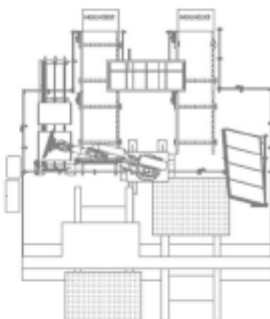



 IKEA Industry Paços de Ferreira		<h2>Standard Operation Sheet</h2>						DATA Aprovação: 27-09-2013	IQ-205	01
FÁBRICA:		ÁREA:		LINHA:	POSTO TRABALHO:	DESIGNAÇÃO DO PRODUTO:		INFORMAÇÃO ADICIONAL:		
PFF		Profiling		34,1	CNC					
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">SET UP</div>										
Nº	WES	Actividade	Repetição	Tempo de atividade	Caminha	Tempo Acumulado	Pontos Chave	Layout		
1		Abastecer Entrada da Máquina com Paleta da Referência a Produzir		130		150	Atividade Externa			
2		Ajustar Parâmetros de Limpeza no Computador		30		180	Ajustar parâmetros no computador para limpeza automática da			
3		Preparar Materiais e Ferramentas		90		280	Atividade Externa. Em simultâneo com limpeza automática da			
4		Limpeza Manual da Mesa V		70		350	Limpeza com pistola de ar comprimido da mesa V			
5		Ajustar a Posição das Borrachas na Mesa V		144		494	De acordo com as dimensões da referência a produzir			
6		Colocar Moldes na Mesa V		108		602	Colocar 8 moldes na mesa V e fixar 4 com peças de fixação			
7		Colocar Guias na Mesa V		125		727	Retirar guias da bancada e colocá-las na mesa V			
8		Aparafusar Guias na Mesa V		650		1377	Aparafusar 8 guias laterais e 8 centrais			
9		Carregar Programa		50		1427	Carregar programa da referência a produzir			
10		Abastecimento das Mesas		345		1772	Atividade Automática. Abastecer mesas com peças através do robô			
11		Maquinagem das Peças da Mesa Y		215		1987	Atividade Automática. Maquinagem do primeiro conjunto de 8 peças			
12		Visualizar e Medir as Peças da Mesa Y		130		2117	Utilizar lanterna e medir peças da mesa Y			
13		Ajustar Cotas ou Fresas		40		2157	De acordo com desvios ocorridos na visualização e medição das			
14		Maquinagem das Peças da Mesa V		215		2372	Atividade Automática. Maquinagem do segundo conjunto de 8 peças			
15		Visualizar e Medir as Peças da Mesa V		105		2477	Utilizar lanterna e medir peças da mesa V			
Notas:			Total	2447	0		TAKT time:			
AJUDAS EHS / AJUDAS CHAVE::  			Layout: 							

Figura 66 – SOS do processo de mudança de referência entre produção normal e vitrines para o operador 2



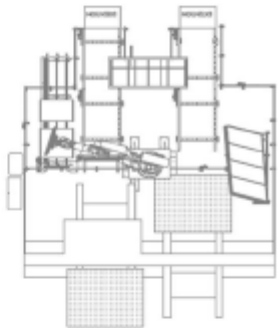



 IKEA Industry Paços de Ferreira		<h2>Standard Operation Sheet</h2>						DATA Aprovação: 27-09-2013	IQ-205	01
FÁBRICA:		ÁREA:	LINHA:	POSTO TRABALHO:	DESIGNAÇÃO DO PRODUTO:			INFORMAÇÃO ADICIONAL:		
PFF		Profiling	34,1	CNC						
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">SET UP</div>										
Nº	WES	Actividade	Repetição	Tempo de atividade	Caminha	Tempo Acumulado	Pontos Chave	Layout		
16		Ajustar Cotas ou Fresas		30		2507	De acordo com desvios ocorridos na visualização e medição das			
17		Executar Rotina 1ª Peça OK		295		2802	Preencher folha de "controlo dimensional e visual", relativa à 1ª			
18		Arrumar Materiais e Ferramentas		50		2852	Arrumar materiais e ferramentas auxiliares ao processo de			
Notas:			Total	375	0		TAKT time:			
AJUDAS EHS / AJUDAS CHAVE::  			Layout: 							

Figura 67 – Continuação da SOS do processo de mudança de referência entre produção normal e vitrines para o operador 2

Anexo J3: Normalização das Operações no Processo de Mudança de Referência entre Vitrines e Produção Normal



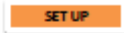
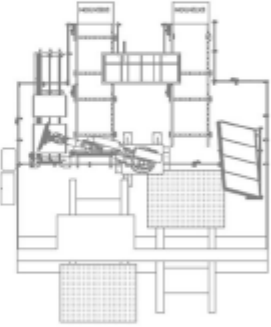


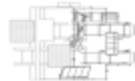
 IKEA Industry Paços de Ferreira		Standard Operation Sheet 				DATA Aprovação	27-09-2013	IQ-205	01
						ELABORADO POR:		Helena Pereira	
						APROVADO POR:		Miguel Araújo	
FÁBRICA:		ÁREA:		LINHA:		POSTO TRABALHO:		DESIGNAÇÃO DO PRODUTO:	
PFF		Profiling		34,1		CNC		INFORMAÇÃO ADICIONAL:	
									
Nº	WES	Actividade	Repetição	Tempo de atividade	Caminha	Tempo Acumulado	Pontos Chave	Layout	
1		Desaparafusar Guias Mesa Y		215		285	Desaparafusar 8 guias laterais e 8 centrais		
2		Retirar Guias Mesa Y		165		450	Retirar da mesa as guias e colocá-las junto à grade		
3		Retirar Moldes Mesa Y		56		506	Aliviar parafusos da peça de fixação e retirar os moldes da		
4		Ajustar Parâmetros de Limpeza no Computador		30		536	Ajustar parâmetros no computador para limpeza automática da		
5		Limpeza Manual da Mesa Y		206		887	Limpeza com pistola de ar comprimido da mesa Y		
6		Ajustar a Posição das Borrachas na Mesa Y		200		1087	De acordo com as dimensões da referência a produzir		
7		Limpar Moldes da Referência Produzida		135		1222	Atividade Externa. Limpar com pistola de ar comprimido		
Notas:			Total	1007	0	TAKT time:			
AJUDAS EHS / AJUDAS CHAVE::			Layout:						
 									

Figura 68 – SOS do processo de mudança de referência entre vitrines e produção normal para o operador 1



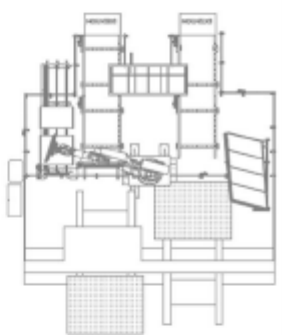


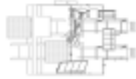
 IKEA Industry Paços de Ferreira		<h2>Standard Operation Sheet</h2>						DATA Aprovação 27-09-2013	IQ-205	01
FÁBRICA:		ÁREA:	LINHA:	POSTO TRABALHO:	DESIGNAÇÃO DO PRODUTO:		ELABORADO POR: Helena Pereira APROVADO POR: Miguel Araújo			
PFF		Profiling	34,1	CNC			INFORMAÇÃO ADICIONAL:			
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">SET UP</div>										
Nº	WES	Actividade	Repetição	Tempo de atividade	Caminha	Tempo Acumulado	Pontos Chave	Layout		
1		Preparar Materiais e Ferramentas		70		70	Atividade Externa			
2		Desaparafusar Gulas Mesa V		215		285	Desaparafusar 8 gulas laterais e 8 centrais			
3		Retirar Gulas Mesa V		165		450	Retirar da mesa as gulas e colocá-las junto à grade			
4		Retirar Moldes Mesa V		56		506	Aliviar parafusos da peça de fixação e retirar os moldes da			
5		Abastecer Entrada da Máquina com Paleta da Referência a Produzir		135		681	Atividade Externa. Em simultâneo com limpeza automática da			
6		Limpeza Manual da Mesa V		206		887	Limpeza com pistola de ar comprimido da mesa V			
7		Ajustar a Posição das Borrachas na Mesa V		200		1087	De acordo com as dimensões da referência a produzir			
8		Carregar Programa		30		1117	Carregar programa da referência a produzir			
9		Abastecimento das Mesas		235		1352	Atividade Automática. Abastecer mesas com peças através do robô			
10		Colocar Moldes da Referência Produzida no Móvel		145		1517	Atividade Externa. Em simultâneo com maquinagem das peças da			
11		Visualizar e Medir as Peças da Mesa Y		35		1552	Utilizar lanterna e medir peças da mesa Y			
12		Ajustar Cotas ou Fresas		20		1572	De acordo com desvios ocorridos na visualização e medição das			
13		Colocar Moldes da Referência Produzida no Móvel		145		1737	Atividade Externa. Em simultâneo com maquinagem das peças da			
14		Visualizar e Medir as Peças da Mesa V		30		1767	Utilizar lanterna e medir peças da mesa V			
15		Ajustar Cotas ou Fresas		25		1792	De acordo com desvios ocorridos na visualização e medição das			
Notas:			Total	1712	0		TAKT time:			
AJUDAS EHS / AJUDAS CHAVE::				Layout::						
 										

Figura 69 – SOS do processo de mudança de referência entre vitrines e produção normal para o operador 2



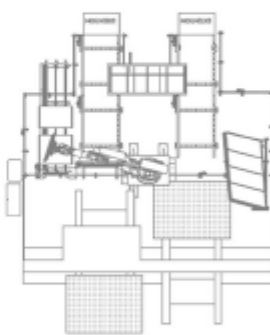



 IKEA Industry Paços de Ferreira		<h2>Standard Operation Sheet</h2>						DATA Aprovação	27-09-2013	IQ-205	01
FÁBRICA:		ÁREA:	LINHA:	POSTO TRABALHO:	DESIGNAÇÃO DO PRODUTO:			ELABORADO POR:			
PFF		Profiling	34,1	CNC				Miguel Araújo			
								INFORMAÇÃO ADICIONAL:			
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">SET UP</div>											
Nº	WES	Actividade	Repetição	Tempo de atividade	Caminha	Tempo Acumulado	Pontos Chave	Layout			
16		Executar Rotina 1ª Peça OK		315		2107	Preencher folha de "controlo dimensional e visual", relativa à 1ª				
17		Arrumar Materiais e Ferramentas		60		2167	Arrumar materiais e ferramentas auxiliares ao processo de				
Notas:			Total	375	0		TAKT time:				
AJUDAS EHS / AJUDAS CHAVE::			Layout:								
 											

Figura 70 – Continuação da SOS do processo de mudança de referência entre vitrines e produção normal para o operador 2

Anexo J4: Normalização das Operações no Processo de Mudança de Referência entre Vitrines



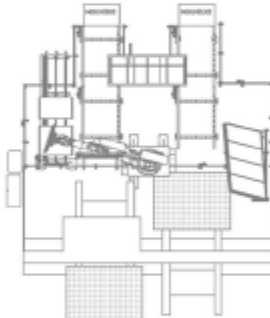



 IKEA Industry Paços de Ferreira		<h2 style="margin: 0;">Standard Operation Sheet</h2>						DATA Aprovação: 27-09-2013	IQ-205	01
						ELABORADO POR: Helena Pereira APROVADO POR: Miguel Araujo				
FÁBRICA:		ÁREA:	LINHA:	POSTO TRABALHO:	DESIGNAÇÃO DO PRODUTO:			INFORMAÇÃO ADICIONAL:		
PFF		Profiling	34,1	CNC						
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">SET UP</div>										
Nº	WES	Actividade	Repetição	Tempo de atividade	Caminha	Tempo Acumulado	Pontos Chave	Layout		
1		Preparar Materiais e Ferramentas		120		170	Atividade Externa. Em simultâneo com limpeza automática da			
2		Retirar Moldes Mesa Y		84		254	Aliviar parafusos da peça de fixação e guias centrais e retirar os			
3		Retirar Moldes da Referência a Produzir do Móvel		170		424	Atividade Externa. Em simultâneo com limpeza automática da			
4		Limpeza Manual da Mesa Y		206		630	Limpeza com pistola de ar comprimido da mesa Y			
5		Colocar Moldes na Mesa Y		228		858	Colocar 8 moldes na mesa Y e ajustar peças de fixação e guias			
6		Limpar Moldes da Referência Produzida		310		1168	Atividade Externa. Limpar com pistola de ar comprimido			
Notas:			Total	1118	0		TAKT time:			
AJUDAS EHS / AJUDAS CHAVE::  			Layout: 							

Figura 71 – SOS do processo de mudança de referência entre vitrines para o operador 1



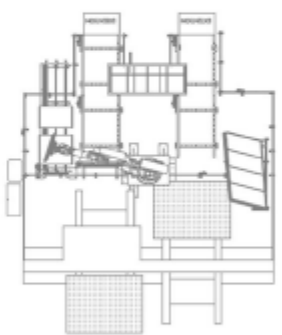



 IKEA Industry Paços de Ferreira		<h2>Standard Operation Sheet</h2>						DATA Aprovação: 27-09-2013	IQ-205	01
FÁBRICA:		ÁREA:	LINHA:	POSTO TRABALHO:	DESIGNAÇÃO DO PRODUTO:		ELABORADO POR: Helena Pereira APROVADO POR: Miguel Araújo			
PFF		Profiling	34,1	CNC			INFORMAÇÃO ADICIONAL:			
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">SET UP</div>										
Nº	WES	Actividade	Repetição	Tempo de atividade	Caminha	Tempo Acumulado	Pontos Chave	Layout		
1		Retirar Moldes da Referência a Produzir do Móvel		170		170	Atividade Externa. Em simultâneo ocorre a limpeza automática da			
2		Retirar Moldes Mesa V		84		254	Aliviar parafusos das peças de fixação e guias centrais e retirar os			
3		Ajustar Parâmetros de Limpeza no Computador		25		424	Ajustar parâmetros no computador para limpeza automática da			
4		Limpeza Manual da Mesa V		206		630	Limpeza com pistola de ar comprimido da mesa V			
5		Colocar Moldes na Mesa V		228		858	Colocar 8 moldes na mesa V e fixar com peças de fixação e guias			
6		Carregar Programa		30		888	Carregar programa da referência a produzir			
		Abastecimento das Mesas		275		1163	Atividade Automática. Abastecer mesas com peças através do robô			
		Colocar Moldes da Referência Produzida no Móvel		135		1413	Atividade Externa. Em simultâneo com maquinagem das peças da			
		Visualizar e Medir as Peças da Mesa Y		165		1578	Utilizar lanterna e medir peças da mesa Y			
		Ajustar Cotas ou Fresas		105		1683	De acordo com desvios ocorridos na visualização e medição das			
		Colocar Moldes da Referência Produzida no Móvel		135		1933	Atividade Externa. Em simultâneo com maquinagem das peças da			
		Visualizar e Medir as Peças da Mesa V		125		2058	Utilizar lanterna e medir peças da mesa V			
		Ajustar Cotas ou Fresas		75		2133	De acordo com desvios ocorridos na visualização e medição das			
		Executar Rotina 1ª Peça OK		270		2403	Preencher folha de "controlo dimensional e visual", relativa à 1ª			
		Arrumar Materiais e Ferramentas		180		2583	Arrumar materiais e ferramentas auxiliares ao processo de			
Notas:			Total	2208	0		TAKT time:			
AJUDAS EHS / AJUDAS CHAVE:			Layout:							
 										

Figura 72 – SOS do processo de mudança de referência entre vitrines para o operador 2